

平成26年度猪苗代湖調査研究事業等報告書

平成27年 9月  
福島県環境センター

## 目 次

1	猪苗代湖及び主要流入河川のイオンバランスの季節変動と経年変化調査 . . . . .	1
2	猪苗代湖大腸菌群超過対策調査 . . . . .	20
3	猪苗代湖全湖水面調査 . . . . .	33
4	湖沼における難分解性有機物調査 . . . . .	42
5	猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査 . . . . .	50
6	裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査 . . . . .	54

# 1 猪苗代湖及び主要流入河川のイオンバランスの季節変動と経年変化調査

## 1 目的

猪苗代湖は長年酸性湖として知られているが、平成7年に5.1であったpHが平成23年には6.8まで上昇するなど、水質に変化が生じている。このpHの上昇は、猪苗代湖や猪苗代湖に流入する河川中のイオンの量及び組成が変化していることが原因であると考えられている（平成22年度福島県環境センター年報）。このため、猪苗代湖及び猪苗代湖に流入する主要河川のイオン成分等を経年的に把握することを目的として平成13年度から継続して本調査を実施している。

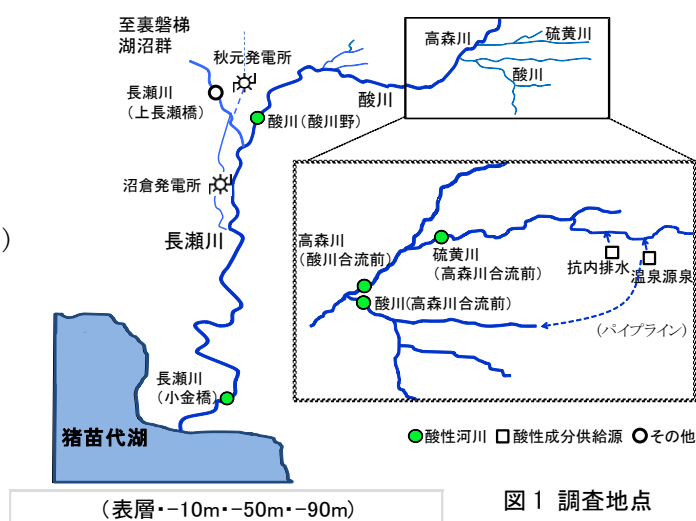
## 2 調査方法

湖水及び流入河川について各溶存イオン等の濃度から負荷量を算出し、近年の湖水のpH上昇との関連について考察する。

## 3 調査地点

調査地点を図1に示す。

- |                         |      |
|-------------------------|------|
| (1) 猪苗代湖(湖心)            | 1 地点 |
| (4層 表層、-10m、-50m及び-90m) |      |
| (2) 硫黄川(高森川合流前)         | 1 地点 |
| (3) 高森川(酸川合流前)          | 1 地点 |
| (4) 酸川(高森川合流前)          | 1 地点 |
| (5) 酸川(酸川野)             | 1 地点 |
| (6) 長瀬川(上長瀬橋)           | 1 地点 |
| (7) 長瀬川(小金橋)            | 1 地点 |



なお、長瀬川(小金橋)は原則として発電所の放流の影響を受けない時間帯に調査を行った。

## 4 調査時期

3-(1)の地点：4月、6月、8月、10月（1回/月）

3-(2)～(7)の地点：4月、6月、8月、10月、12月、2月（1回/月）

ただし、硫黄川(酸川合流前)は水量等の状況により6月、8月、10月、12月、3月に実施

## 5 調査項目

- (1) 気温、水温、透明度（湖）、色相（湖）、流量（河川）、透視度（河川）
- (2) 金属成分（Fe、Mn、Al、Zn）
- (3) 陽イオン（ $\text{Na}^+$ 、 $\text{K}^+$ 、 $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{NH}_4^+$ ）
- (4) 陰イオン（ $\text{F}^-$ 、 $\text{Cl}^-$ 、 $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{NO}_3^-$ 、 $\text{NO}_2^-$ ）
- (5) その他（pH、EC、DO、T-P、T-N、酸度、アルカリ度、TOC、クロロフィルa（chl-a））

なお、Fe、Mn、Al、Zn、T-Pは、試料をGF/C（ろ紙）でろ過した試料を「溶存態」とした。

## 6 測定方法

- (1) pH：イオン電極法

- (2) EC：交流二電極法
- (3) DO、酸度、アルカリ度：滴定法
- (4) T-P、PO<sub>4</sub>-P、T-N：吸光光度法
- (5) Fe、Mn、Al、Zn：ICP/AES法
- (6) Na<sup>+</sup>、K<sup>+</sup>、Ca<sup>2+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、NH<sub>4</sub><sup>+</sup>、F<sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>：イオンクロマトグラフ法
- (7) TOC：燃焼酸化-赤外線分析方式
- (8) chl-a：アセトン抽出による吸光光度法

## 7 結果及び考察

平成 26 年度の現地調査結果を別紙 1-1 及び 1-2 に、分析結果を別紙 2、別紙 3 に示す。

### (1) 猪苗代湖湖心について

#### ア 季節変動

##### (ア) 鉛直水温

鉛直水温の調査結果を図 2 に示す。4 月の水温は全層でほぼ一定であり、6 月には水温躍層が形成されつつあり、8 月には水深 10～20 m に水温躍層が形成され、10 月には水温躍層が水深 20～30 m に下がり、例年と同様の傾向を示した。測定期間の最高水温は 8 月の表層で 26.7 °C であった。

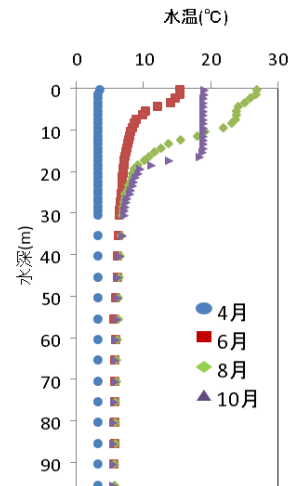


図 2 鉛直水温

##### (イ) pH

pH の結果を図 3 に示す。pH の最大値は、8 月の水深 10 m における 7.11 で、最小値は 10 月 90 m における 6.51 であった。

水深ごとに pH の季節変動をみると、表層は 6.80～7.05、水深 10 m は 6.80～7.11、水深 50 m は 6.74～6.80、水深 90 m は 6.51～6.90 の範囲で推移していた。

pH の季節変動を全層についてみると、平成 25 年度同様、水温躍層形成前の 4 月及び 6 月は pH の値が全層でほぼ一定であるのに対し、水深 10～20m に水温躍層が形成される 8 月及び水温躍層が水深 20～30m に下がる 10 月には水温躍層の上下で差が見られた。

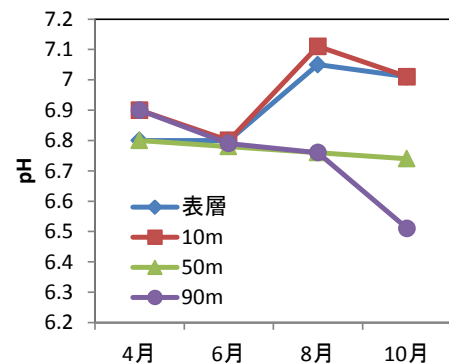


図 3 pH の季節変動

##### (ウ) T-N、T-P

T-N の最大値は 10 月 90 m の 0.32 mg/L であり、最小値は 10 月表層の 0.15 mg/L であった。T-N の水深 50m は 4 月から 10 月までほぼ一定であったほかは、水深別の季節変動はみられなかった。

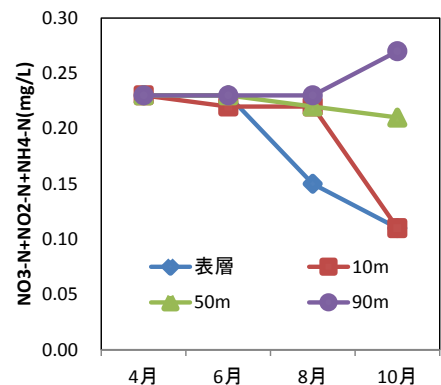


図 4 NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N 及び NH<sub>4</sub>-N の合算値の季節変動

NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N 及び NH<sub>4</sub>-N の合算値の季節変動を図 4 に示す。NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup> 及び NH<sub>4</sub><sup>+</sup> 濃度の定量下限は 0.01 mg/L であるが、0.01 mg/L 未満の場合は 0 mg/L として合算値を算出した。水温躍層が形成されている 10 月に水温躍層の上下で差がみられた。4 月、6 月には全層で一定であり、表層は 8 月、10 月に徐々に濃度が低下し、水深 10m は 4 月から 8 月まではほぼ一定の濃度だったが、10 月に表層と同程度に濃度が低下した。水深 50m は 4 月から 10 月まではほぼ一定だった。水深 90 m は平成 25 年度同様、4 月から 8 月まではほぼ一定の濃度だったが、10 月に濃度の上昇がみられ、これには NH<sub>4</sub>-N 濃度の上昇が寄与していた。

T-P はすべての水深・調査月で 0.003 mg/L 未満であった。

(エ) イオン成分

陽イオン (Ca<sup>2+</sup>、Na<sup>+</sup>、Mg<sup>2+</sup>、K<sup>+</sup>) 及び陰イオン (F<sup>-</sup>、Cl<sup>-</sup>、SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>、NO<sub>3</sub><sup>-</sup>、NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) 濃度の結果を図 5、6 に示す。陽イオン及び陰イオンの各成分濃度の季節変動はなく、水深別の差もみられなかった。

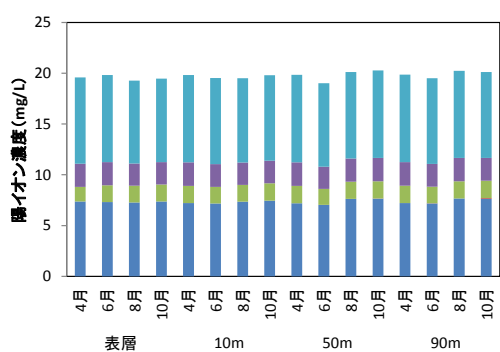


図 5 陽イオン成分の水深別季節変動

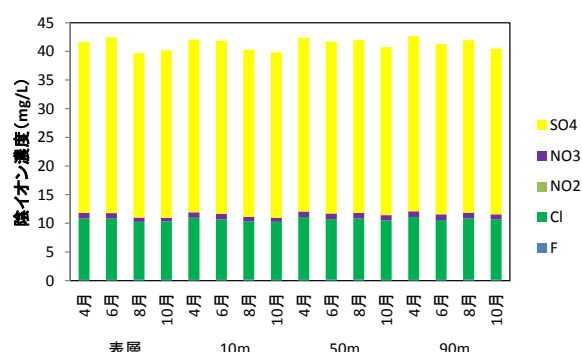


図 6 陰イオン成分の水深別季節変動

(オ) DO

DO 飽和率の季節変動を図 7 に示す。DO 飽和率が最も高くなったのは 8 月表層の 116.5 %、最も低くなったのは 10 月水深 90 m の 78.4 % であった。

季節変動をみると、水温躍層が形成されている 8 月及び 10 月には、表層及び水深 10 m では DO 飽和率が高く、水深 50 m 及び 90 m では低くなっており、水温躍層の上下で異なる傾向がみられた。特に 10 月の水深 90 m において DO 飽和率が低下していた。

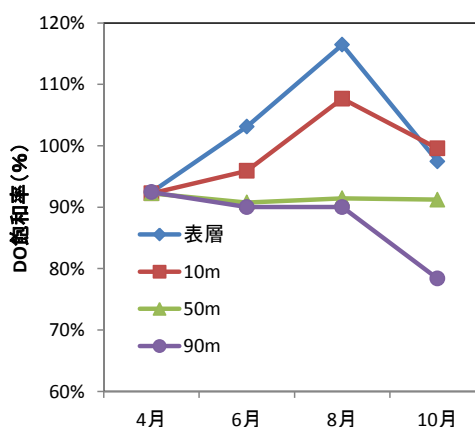


図 7 DO 飽和率の季節変動

(カ) 金属成分 (Fe、Mn、Al、Zn)

金属成分の全量 (T-) から溶存態 (D-) を引いた値を懸濁態 (S-) として、Fe、Al 及び Mn それぞれの溶存態と懸濁態の季節変動を図 8~10 に示す。金属成分の定量下限値は 0.01 mg/L であるが、0.01 mg/L 未満の場合

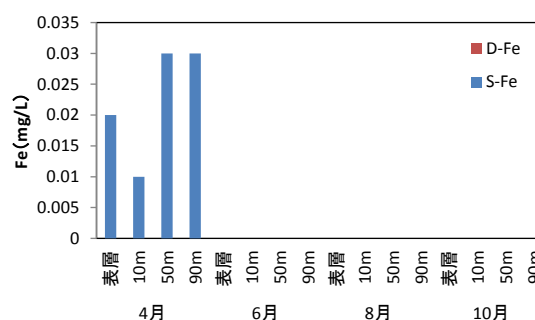


図 8 Fe の季節変動

は 0 mg/L としてプロットした。また、溶解態が 0.01 mg/L 未満の場合は 0 mg/L として懸濁態を算出した。

Fe について、T-Fe の値は 0.01 mg/L 未満から 0.03 mg/L の狭い範囲で推移していた。6 月から 10 月のすべてにおいて 0.01 mg/L 未満であり、4 月及び 6 月のほとんどが 0.01 mg/L 未満であった平成 25 年度とは異なる傾向を示した。

Mn について、T-Mn の最大値は 10 月の水深 90 m の 0.16 mg/L であり、その 9 割以上が溶解態だった。T-Mn の季節変動をみると、表層、水深 10 m 及び 50 m では 0.01 mg/L 未満から 0.02 mg/L の狭い範囲で推移しており、明確な季節変動はみられなかった。

Al について、T-Al が 0.01 mg/L 未満から 0.03 mg/L の間で推移しており、季節変動及び溶解態と懸濁態の割合に明確な傾向はみられなかった。

Zn について、全層・全調査月で 0.01 mg/L 未満であった。

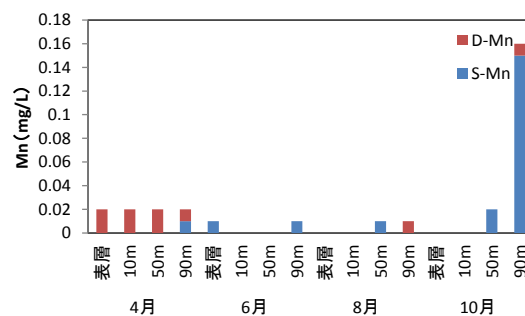


図 9 Mn の季節変動

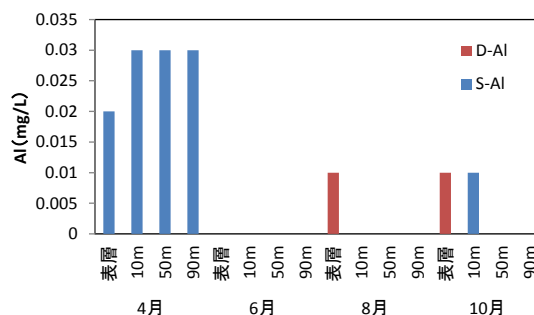


図 10 Al の季節変動

### (キ) TOC

TOC の季節変動を図 11 に示す。

最も高い値は 8 月の表層で 0.74 mg/L であり、最も低い値は 10 月の水深 50 m で 0.46 mg/L であった。

季節変動をみると、水温躍層形成前の 4 月と形成初期の 6 月には全層で TOC 濃度がほぼ均一であったが、水温躍層の形成期の 8 月に水温躍層の上層である表層及び水深 10m の値が上昇していた。水深 50m の TOC はほぼ一定であった。例年、水温躍層の上層では 8 月以降増加し、下層では減少する傾向がみられたが、平成 26 年度の水深 90 m において、平成 25 年度同様、8 月から 10 月に上昇する傾向がみられたため、今後も注視していく必要があると考えられる。

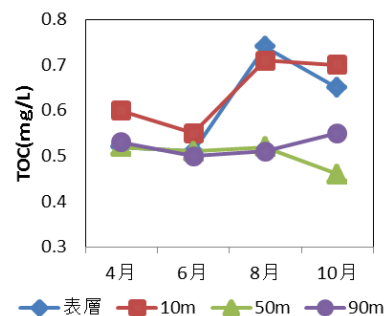


図 11 TOC の季節変動

## イ 経年変化

### (ア) pH (平成元～26 年度)

pH の年平均値の経年変化を図 12 に示す。(注 1)。平成元～7 年度までは 5.0～5.1 の範囲にあったが、平成 8 年度以降、年々上昇し、平成 26 年度の pH の年平均値は 6.88 で、過去 3 年間 (平成 22～24 年度) の結果の範囲 (6.74～6.86) と比べほぼ横ばいの結果であった。

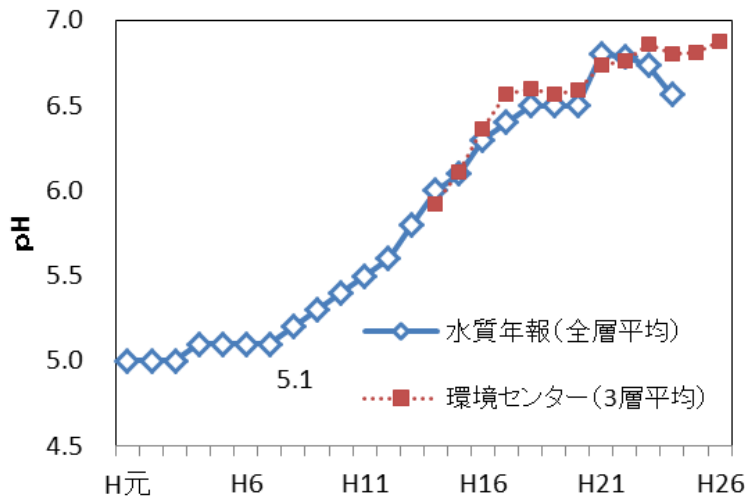


図 12 pH 経年変化

注 1: 「水質年報（全層平均）」とは、水質汚濁防止法に基づく常時監視結果全層（表層、-10m、-20m、-50m の 4 層）平均値を指し、「環境センター（3 層平均）」は 3 層（表層、-10m、-50m）の平均値を指す。

(イ) イオン当量濃度（昭和 54～56 年度、平成 13～25 年度）

昭和 54 年度から昭和 56 年度に福島大学等が行った調査、平成 13 年～平成 26 年度に当センターが行った調査のイオン当量濃度の推移を図 13 に示す。平成 13 年度から平成 26 年度のイオン当量濃度の総和は、昭和 54 年度から昭和 56 年度と比較すると減少していた。また、調査開始以降平成 18 年度までは減少、平成 19 年度からは横ばい若しくは上昇傾向となっている。

陽イオンの成分割合は、大きい順に  $\text{Ca}^{2+}$ 、 $\text{Na}^+$ 、 $\text{Mg}^{2+}$ 、 $\text{K}^+$  の順で、平成 13 年度から成分濃度に顕著な経年変化は認められなかった。昭和 54 から昭和 56 年度と比較すると、Al の低下の割合が大きかった。

陰イオンの成分割合は、多い順に  $\text{SO}_4^{2-}$ 、 $\text{Cl}^-$  で、この 2 物質で全体の 90% 以上を占め、次いで  $\text{HCO}_3^-$ 、 $\text{NO}_3^-$  の順であった。 $\text{SO}_4^{2-}$  は平成 13 年度から平成 18 年度まで低下傾向にあり、平成 22 年度まで横ばいで推移した後上昇に転じた。

表層の pH 及びアルカリ度の経年変化を図 14 に示す。平成 26 年度調査のアルカリ度は 3.89～5.70  $\text{mgCaCO}_3/\text{L}$  であった。経年的には緩やかな増加傾向がみられた。

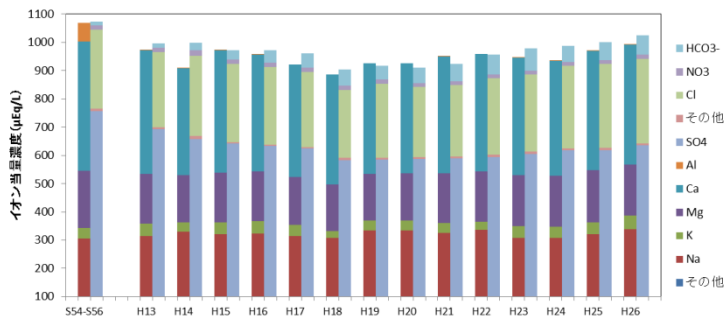


図 13 イオン当量濃度の経年変化（3 層平均）

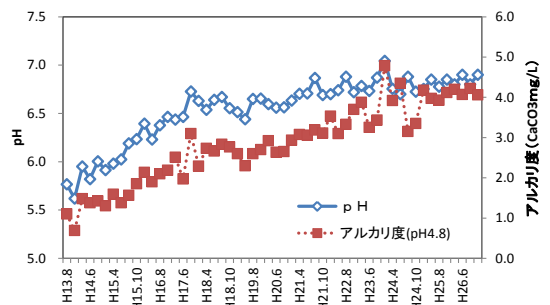


図 14 pH 及びアルカリ度の経年変化（表層）

(ウ) T-Mn (平成 19～26 年度)

平成 19 年度から始めた水深 90m での調査では T-Mn が 10 月の水深 90 m でもっとも高い値を示しており、平成 26 年度調査では 0.16 mg/L であった。今後も注視していく必要があると考えられる。(図 15)

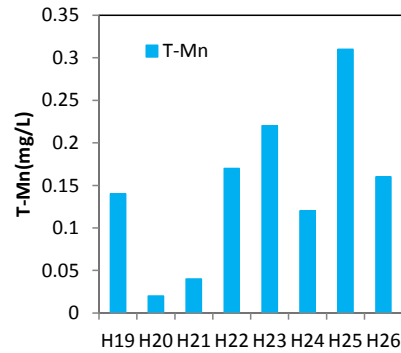


図 15 10月水深 90m T-Mn 経年変化

(エ) TOC (平成 19～26 年度)

TOC は平成 19 年度から調査項目とした。TOC の表層、水深 10 m、50 m、90 m 及び全層の年平均値の経年変化を図 16 に示す。層別では水温躍層の上層となる表層及び水深 10 m の値が下層となる水深 50 m 及び 90 m よりおおむね高かった。また水深 10 m、50 m 及び全層の年平均値は平成 19 年度から今年度まで増加傾向がみられた。表層及び水深 90 m では年度ごとの値の変動が大きいものの、経年的には増加傾向がみられた。

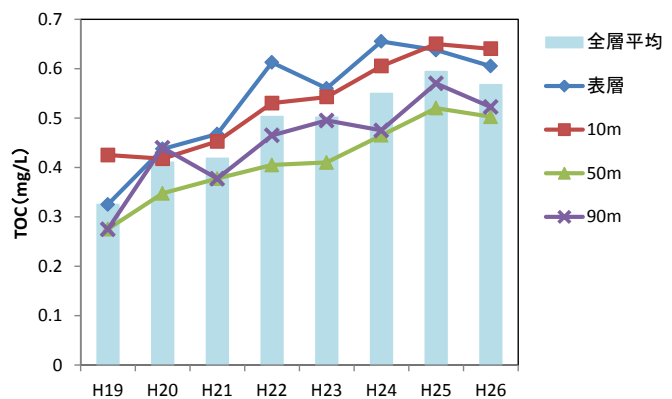


図 16 TOC の層別年平均値及び全層年平均値の経年変化

(2) 流入河川について

猪苗代湖流入河川の調査結果を別紙 3-1 及び 3-2 に示す。調査地点の概要は、旧硫黄鉱山坑内排水の影響を受ける強酸性の硫黄川が高森川と合流した後、沼尻・中ノ沢温泉の影響を受ける酸川へ合流している。硫黄川、高森川、酸川本川が合流した酸川（酸川野）は、さらに下流で裏懸梯湖沼群を流出源とする長瀬川本川と合流する。ここで、3 で示した調査地点のうち(2)硫黄川（高森川合流前）、(3)高森川（酸川合流前）、(4)酸川（高森川合流前）を酸性物質の発生源付近の「上流域河川」と位置付け、(5)酸川（酸川野）、(6)長瀬川（上長瀬橋）、(7)長瀬川（小金橋）を「下流域河川」として結果を示す。

ただし、調査地点ごとの流量は図 17 にまとめて示す。

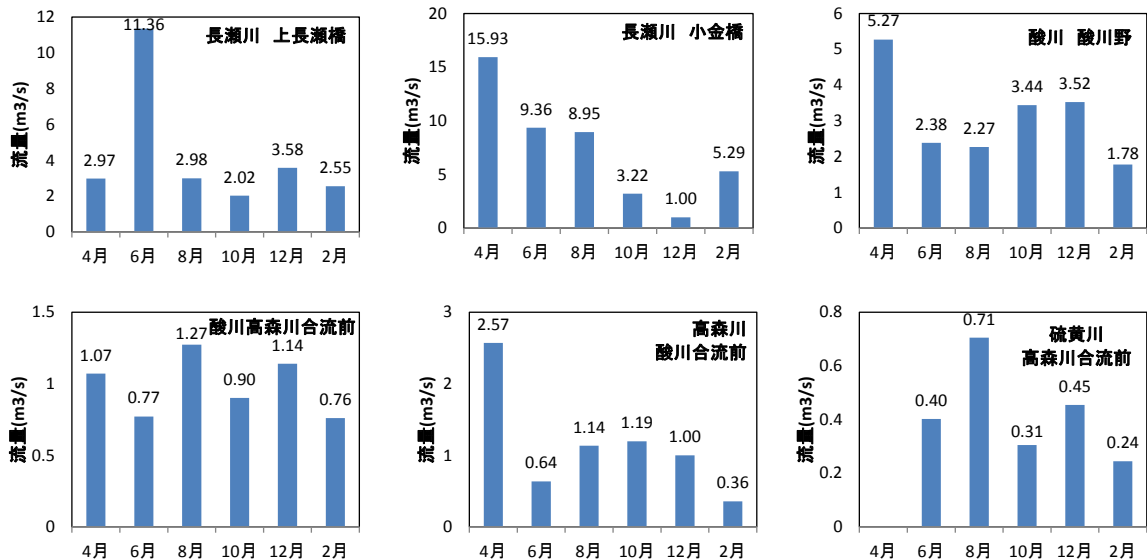


図 17 各河川の流量の季節変動



調査対象河川の概要を図 18 に示す。

pH の年平均値について、硫黄川（高森川合流前）において平成 18 年度から平成 25 年度までの年平均値の範囲を上回った。鉍酸酸度負荷量の年平均値について、酸川（酸川野）において平成 18 年度から平成 25 年度までの年平均値の範囲を下回った。また、酸川（酸川野）において流量の年平均値が平成 18 年度から平成 25 年度までの年平均値を下回り、長瀬川（上長瀬橋）において流量の年平均値が平成 18 年度から平成 25 年度までの年平均値を上回った。そのほかの調査地点では、昨年度までの年平均値の範囲内であった。

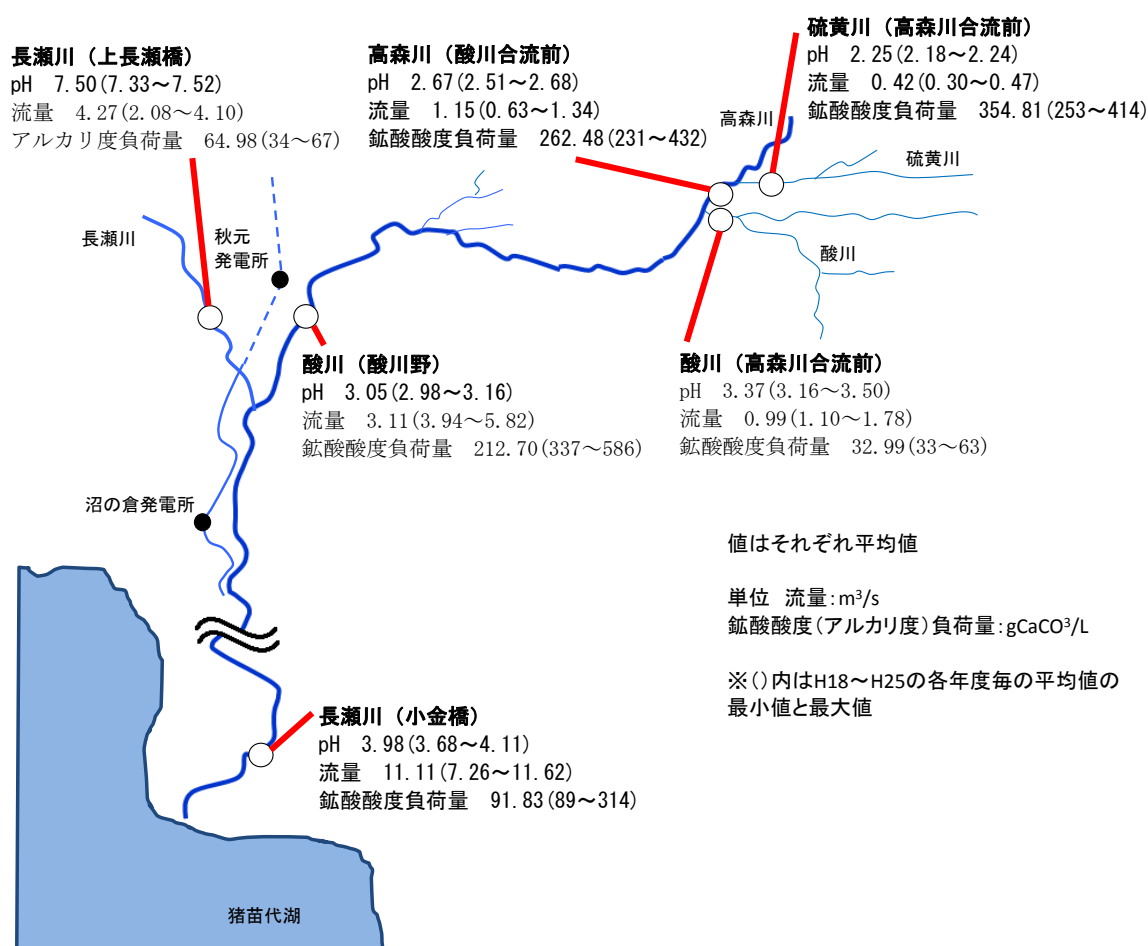


図 18 調査対象河川の概要

## ア 季節変動

### (ア) 金属成分

調査対象河川における全量溶存態 (D-) の Fe、Al 及び Mn のそれぞれの負荷量の季節変動について、また全量 (T-) から溶存態を引いた値を懸濁態 (S-) として算出した負荷量及び流量の季節変動について図 19 に示す。金属成分濃度の定量下限値は 0.01 mg/L であるが、0.01 mg/L 未満の場合は 0 mg/L として負荷量を算出しプロットしている。また、溶存態が 0.01 mg/L 未満の場合は 0 mg/L として懸濁態を算出している。

Fe について、調査対象河川全体を通してみると、上流域河川及び上流域河川合流後の地点である酸川（酸川野）までは溶存態の割合が高く、微アルカリ性河川である長瀬川

(上長瀬橋) との合流後の長瀬川 (小金橋) では懸濁態の割合が上昇している。これは酸川と長瀬川の合流による pH の上昇に伴い、Fe 等の金属イオンの一部が不溶化したものと思われた。

Mn 及び Al について、上流域河川及び上流域河川の合流後である酸川 (酸川野) までは 1 年を通じて全負荷量に占める溶存態の割合が高く、裏磐梯湖沼群を上流源とする長瀬川 (上長瀬橋) では、負荷量が小さく明確な溶存態と懸濁態の比率や季節変動はみられなかった。最下流部である長瀬川 (小金橋) では、負荷量の大きい酸川 (酸川野) の影響を受け、酸川 (酸川野) と同様に 1 年を通じて溶存態として存在する割合が高かった。

Zn について、すべての調査対象河川において 1 年を通じて負荷量が小さく、明確な溶存態と懸濁態の比率や季節変動はみられなかった。

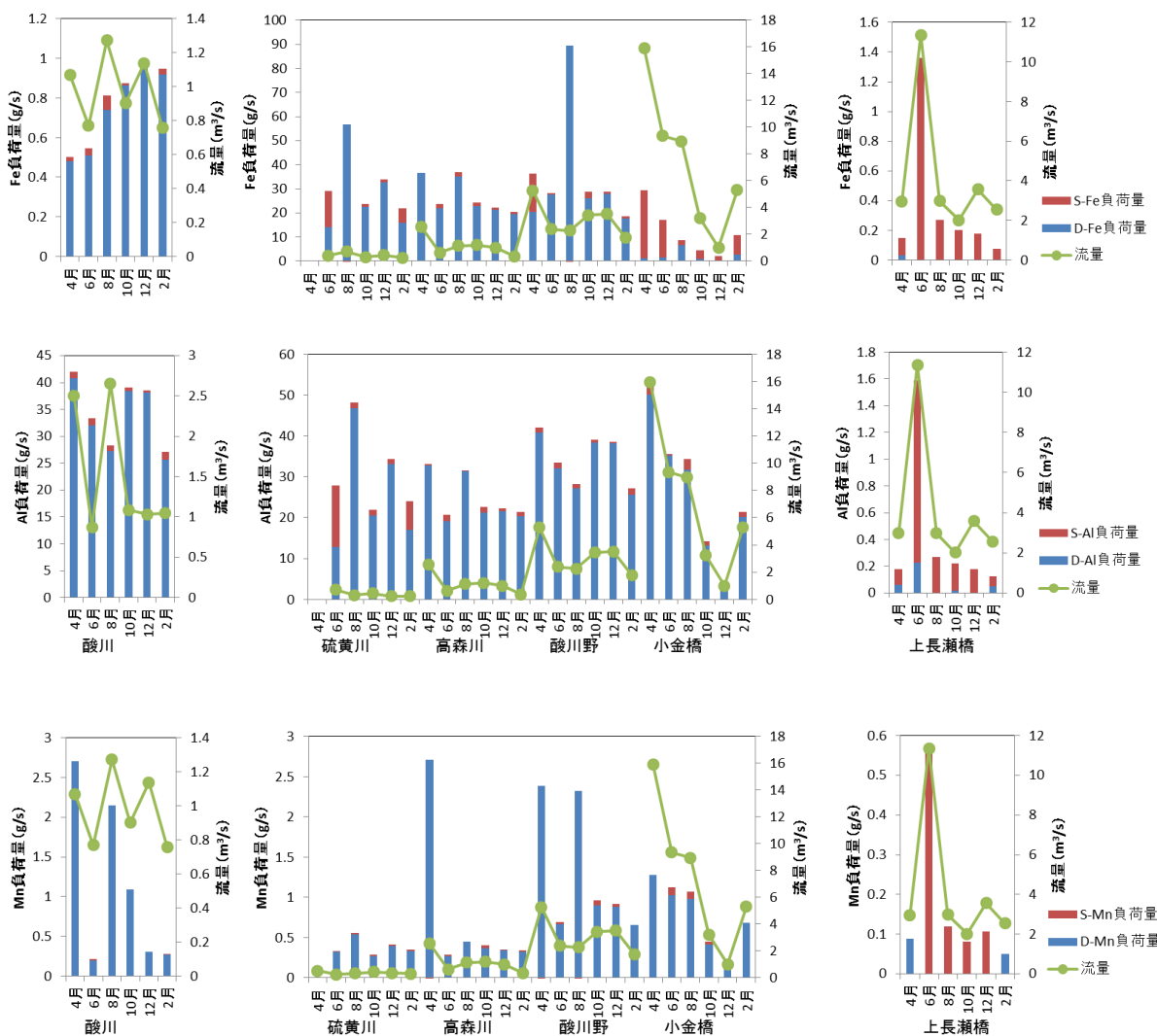


図 19 金属成分の季節変動

(イ) 酸度、アルカリ度

調査対象河川の総酸度及び鉍酸酸度、並びにアルカリ度の結果を図 20 に示す。鉍酸酸度負荷量の総酸度負荷量に占める割合は、高森川 (酸川合流前) の 12 月の 45 %、酸川

(酸川野) の4月の46%及び12月の35%を除いて、硫黄川(高森川合流前)、高森川(酸川合流前)、酸川(酸川野)で約62~85%であり、酸川(高森川合流前)と長瀬川(小金橋)で約25~59%であった。長瀬川(上長瀬橋)のアルカリ度負荷量については、流量の変化に応じた増減がみられた。

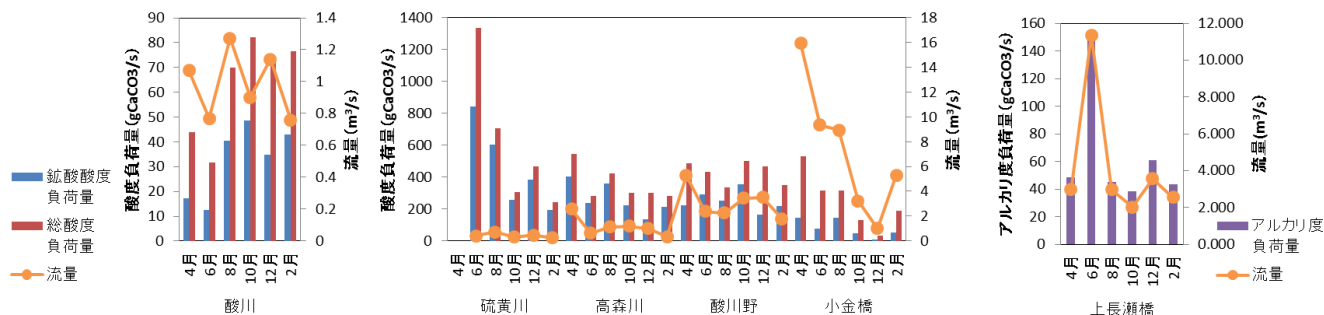


図20 酸度負荷量及びアルカリ度負荷量の季節変動

(ウ) イオン成分負荷量

上流域河川におけるCl<sup>-</sup>及びSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>負荷量の季節変動、下流域河川における陰イオン及び陽イオン成分負荷量の各季節変動を図21に示す。

すべての上流域河川において、1年を通じてSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>負荷量がCl<sup>-</sup>負荷量より大きく、流量に応じた増減がみられた。

また、すべての下流域河川の陰イオン成分負荷量について、1年を通じてSO<sub>4</sub><sup>2-</sup>及びCl<sup>-</sup>負荷量の合算が陰イオン成分の合計負荷量の98%以上を占めていた。また、すべての陰イオン成分負荷量は流量に応じた増減が見られ、イオン毎の構成比に季節変動はみられなかった。

陽イオン成分負荷量について、すべての下流域河川においてNa<sup>+</sup>及びCa<sup>2+</sup>負荷量の合算量が陽イオン成分の合計負荷量の76%以上を占めていた。また、陽イオン成分負荷量の構成比に季節変動はみられなかった。

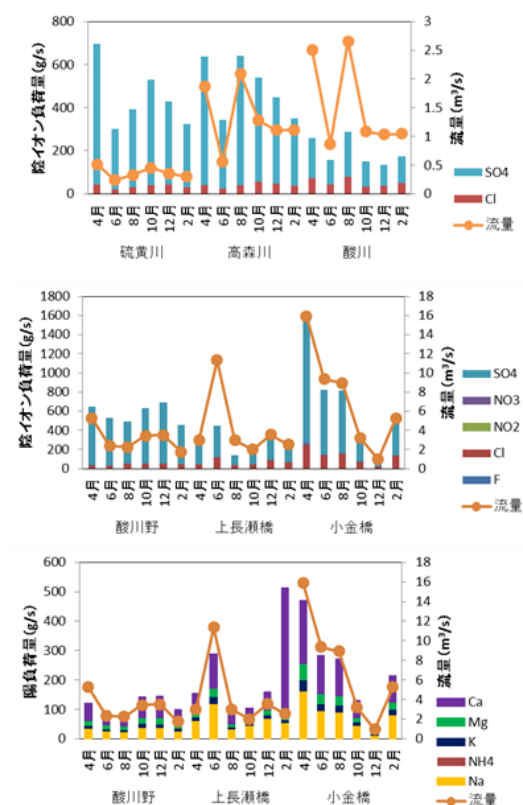


図21 陰イオン負荷量及び陽イオン負荷量の季節変動

(エ) T-P (D-P, S-P)

下流域河川におけるD-Pのそれぞれの負荷量の季節変動について、またT-PからD-Pを引いた値をS-Pとして算出した負荷量及び流量の季節変動について図22に示す。また、D-Pの定量下限値は0.01 mg/Lである

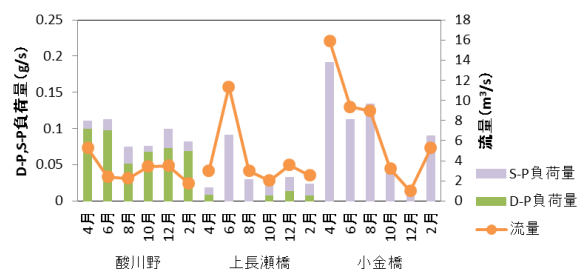


図22 D-P及びS-P負荷量の季節変動

が、0.01 mg/L 未満の場合は 0 mg/L として S-P を算出している。

T-P について、平成 25 年度と同様に 1 年を通してすべての調査地点で流量に応じた増減がみられた。最下流部である長瀬川（小金橋）においては 100 %が S-P であった。これは、酸性河川の酸川と中性河川である長瀬川が合流し pH が上昇することで一部不溶化した Fe 等の金属イオンにりんが吸着し懸濁態（フロック）になったためと思われる。

#### イ 経年変化（平成 16～26 年度）

酸性河川である硫黄川（高森川合流前）、酸川（高森川合流前）、高森川（酸川合流前）、酸川（酸川野）及び長瀬川（小金橋）について、溶存態（D-）の Fe 負荷量、溶存態（D-）の Al 負荷量、 $\text{SO}_4^{2-}$  負荷量、鉍酸酸度負荷量及び流量の年平均値の経年変化を検討した。また、微アルカリ性河川である長瀬川（上長瀬橋）については D-Fe 負荷量、D-Al 負荷量、 $\text{SO}_4^{2-}$  負荷量、アルカリ度負荷量及び流量の年平均値の経年変化を検討した。なお、それぞれの負荷量は年平均で示している。

硫黄川（高森川合流前）の酸性成分負荷量等の年平均値の経年変化を図 23 に示す。D-Fe 負荷量、D-Al 負荷量、 $\text{SO}_4^{2-}$  負荷量、鉍酸酸度負荷量は上流域河川の調査を開始した平成 18 年度が最大値であり、平成 26 年度調査では、D-Fe 負荷量、D-Al 負荷量の年平均値が大きく減少した平成 25 年度と異なり、D-Fe 負荷量、D-Al 負荷量、 $\text{SO}_4^{2-}$  負荷量、鉍酸酸度負荷量、流量の年平均値はいずれも平成 22 年度及び平成 24 年度と同程度であった。

高森川（酸川合流前）の酸性成分負荷量等の年平均値の経年変化を図 24 に示す。すべての酸性成分負荷量の年平均値について上流域河川の調査を開始した平成 18 年度が最大値であり、平成 26 年度調査では D-Fe 負荷量、D-Al 負荷量の年平均値が大きく減少した平成 25 年度と異なり、鉍酸酸度負荷量の年平均値が大きく減少したほかは平成 24 年度と同程度であった。

酸川（高森川合流前）の酸性成分負荷量等の年平均値の経年変化を図 25 に示す。D-Fe 負荷量及び D-Al 負荷量の年平均値は上流域河川の調査を開始した平成 18 年度から 19 年度が最大値であり、平成 26 年度調査では D-Al 負荷量の減少がみられたが、D-Fe 負荷量は平年並みであった。また、 $\text{SO}_4^{2-}$  負荷量、鉍酸酸度負荷量、流量の年平均値は平成 25 年度調査に比べて減少していた。

上流域の硫黄川、高森川及び酸川が合流した後の地点である酸川（酸川野）の酸性成分負荷量等の年平均値の経年変化を図 26 に示す。平成 26 年度調査において D-Fe 負荷量、D-Al 負荷量の年平均値は、D-Fe 負荷量、D-Al 負荷量の年平均値が大きく減少した平成 25 年度と同程度であり、 $\text{SO}_4^{2-}$  負荷量、鉍酸酸度負荷量、流量の年平均値は平成 25 年度調査に比べて減少していた。

長瀬川（上長瀬橋）の酸性成分負荷量等の年平均値の経年変化を図 27 に示す。D-Fe 負荷量及び D-Al 負荷量は他の地点に比べ値が小さく、顕著な経年変化はみられなかった。また、 $\text{SO}_4^{2-}$  負荷量、アルカリ度負荷量の年平均値は平年並みであった。

最下流部である長瀬川（小金橋）の酸性成分負荷量等の年平均値の経年変化を図 28 に示す。平成 26 年度調査において D-Fe 負荷量、D-Al 負荷量の年平均値は、D-Fe 負荷量、D-Al 負荷量の年平均値が大きく減少した平成 25 年度よりも減少していた。また、 $\text{SO}_4^{2-}$  負荷量、鉍酸酸度負荷量、流量の年平均値も平成 25 年度調査に比べて減少していた。

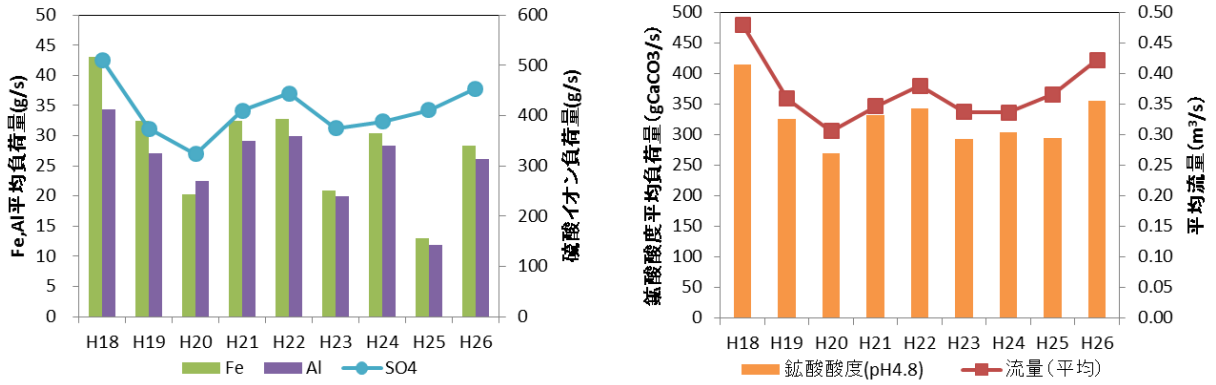


図 23 硫黄川(高森川合流前)の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

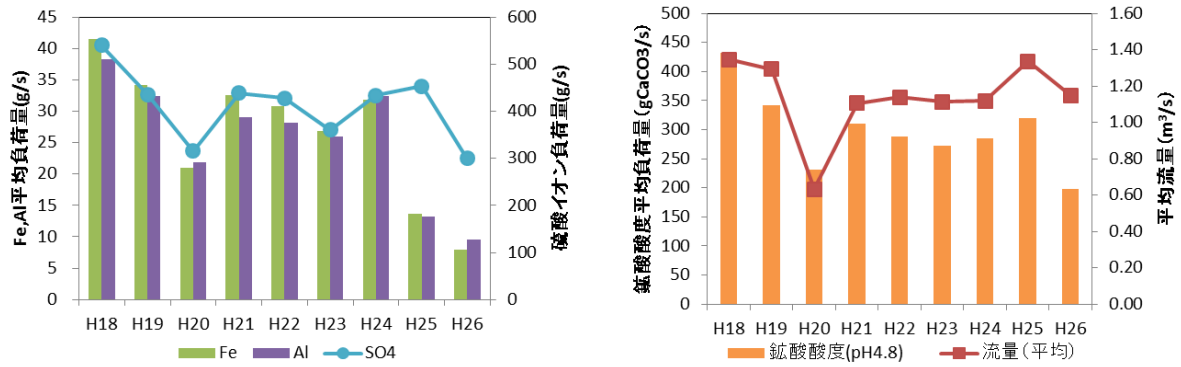


図 24 高森川(酸川合流前)の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

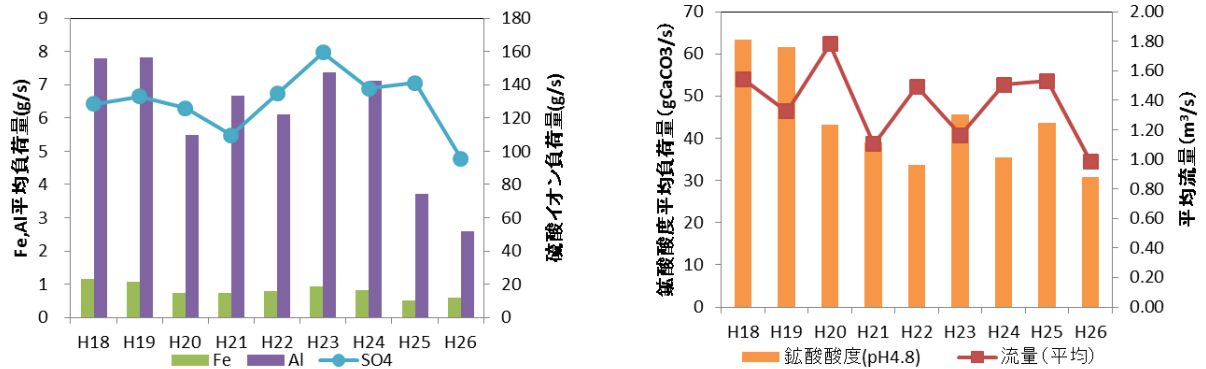


図 25 酸川(高森川合流前)の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

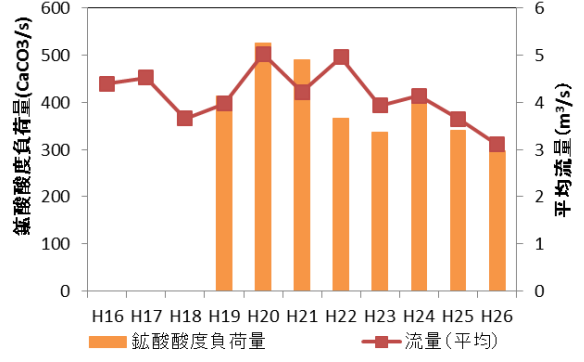
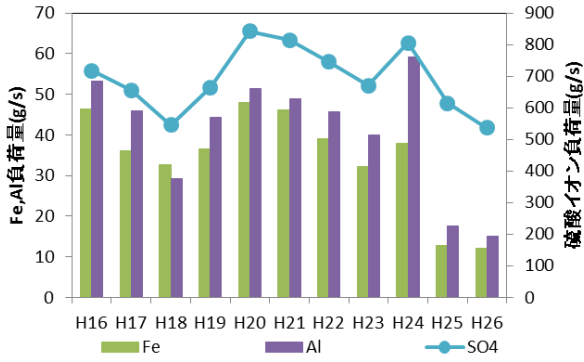


図 26 酸川(酸川野)の酸性成分負荷量及び流量の経年変化

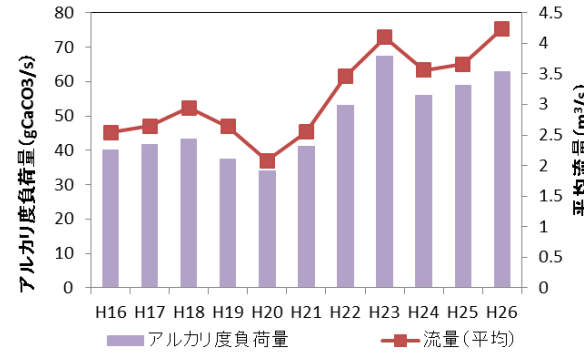
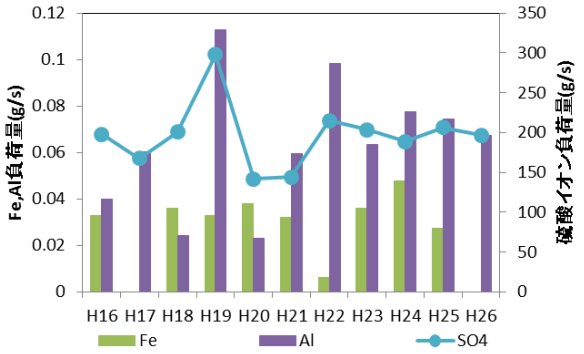


図 27 長瀬川(上長瀬橋)の酸性成分負荷量、アルカリ度負荷量及び流量の経年変化

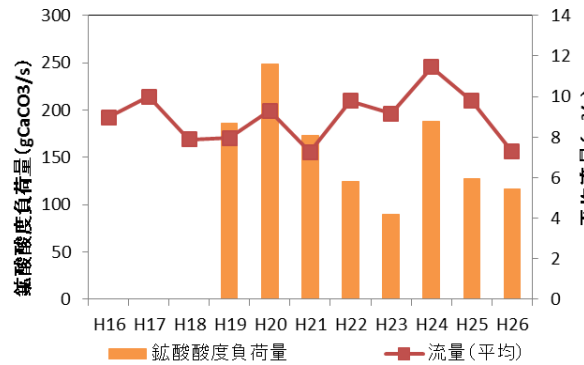


図 28 長瀬川(小金橋)の酸性成分負荷量、アルカリ度負荷量及び流量の経年変化

## 8 まとめ

### (1) 猪苗代湖湖心の調査結果

平成 26 年度の pH の 3 層平均は 6.88 であり、経年的には上昇傾向がみられたが、過去 3 か年の結果の範囲と比較するとほぼ横ばいであった。また、平成 26 年度の結果をみると、pH 及び DO 飽和率について、水温躍層が形成されている 8 月と 10 月には水温躍層の上下で値が異なり、いずれも上層では値が高く、下層では値が低かった。平成 25 年度同様、10 月の水深 90 m では特に DO 飽和率が低かったが、このときの DO は 9.6 mg/L であり、湖心湖底部の溶存酸素濃度は十分保たれていると考えられる。また、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N 及び NH<sub>4</sub>-N の総量については、水温躍層が形成されている 10 月に水温躍層の上層で値が低くなり、下層にあたる水深 50 m では調査月を通じてほぼ一定であった。10 月の水深 90 m で値が高くなったが、これには NH<sub>4</sub><sup>+</sup>濃度の上昇が寄与していた。

平成 26 年度の溶存イオン当量濃度は、昭和 54~56 年の結果と比較すると減少しているが、平成 19 年度から平成 26 年度にかけては横ばいもしくは増加の傾向がみられた。また、平成 26 年度の陽イオン及び陰イオン成分濃度に季節変動はみられず、水深別の差もみられなかった。

平成 26 年度の金属成分について、Fe は 0.01 mg/L 未満~0.03 mg/L の狭い範囲で推移し、6 月及び 10 月では全層において 0.01 mg/L 未満であり、溶存態と懸濁態の割合に明確な季節変動はみられなかった。Mn は、平成 19 年度から 10 月の水深 90 m で最も高い値を示す傾向を示しているが、平成 25 年度と比較すると減少していた。Al は全層で濃度が低く、溶存態と懸濁態の割合に明確な季節変動はみられなかった。Zn は全層・全調査月で 0.01 mg/L 未満であった。

TOC は、調査項目となった平成 19 年度から平成 26 年度まで増加傾向がみられた。水深別にみると、水温躍層の上層にあたる表層及び水深 10 m の年平均値が下層にあたる水深 50 m 及び 90 m の年平均値よりおおむね高かった。

### (2) 猪苗代湖流入河川の調査結果

酸性成分負荷量の年平均値の経年変化をみると、酸川(酸川野)、酸川(高森川合流前)及び長瀬川(小金橋)で SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>負荷量及び鉍酸酸度負荷量が減少した。

平成 26 年度の金属成分負荷量は、平成 25 年度同様、上流域河川では 1 年を通じてほとんど溶存態のものであった。下流域河川では、上流域河川の合流後地点である酸川(酸川野)の Fe が 1 年を通じて溶存態の割合が高い一方で、長瀬川(小金橋)では Fe の全量に対する溶存態の割合が低下していた。これは酸川(酸川野)と長瀬川(上長瀬橋)の合流による pH の上昇に伴い、Fe の一部が不溶化したものと考えられた。そのほかの金属成分では、流下に伴う形態の変化はみられなかった。

イオン成分負荷量について、すべての上流域河川において、1 年を通じて SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>負荷量が Cl<sup>-</sup>負荷量より大きく、流量の変化に応じた増減がみられた。また、すべての下流域河川において、陰イオン成分では Cl<sup>-</sup>負荷量及び SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>負荷量の総量が総負荷量の 98 %以上を、陽イオン成分では Na<sup>+</sup>負荷量及び Ca<sup>2+</sup>負荷量の総量が総負荷量の 76 %以上を占めており、陰イオン成分、陽イオン成分それぞれの負荷量の構成比に季節変動はみられなかった。

下流域河川における T-P について、上流域河川の合流後地点である酸川(酸川野)では溶存態りん負荷量の割合が大きく、最下流部である長瀬川(小金橋)ではすべてが懸濁態りん負荷量であった。これは前述の通り、酸性河川である酸川と中性河川である長瀬川の

合流後、pH の上昇により不溶化した Fe にりんが吸着し懸濁態（フロック）になったものと考えられる。



別紙1-1 猪苗代湖及び流入河川 現地調査結果

調査地点 調査年月日	湖心(表層)			
	H26.4.9	H26.6.4	H26.8.6	H26.10.1
採取水深(m)	0.5	0.5	0.5	0.5
採水時間	9:15	9:30	9:20	9:30
天候(前日)	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ
天候(当日)	晴れ	曇り	晴れ	曇り
気温(°C)	5.8	18.6	28.6	17.8
水温(°C)	3.2	15.3	26.7	18.9
透明度(m)	11.6	10.0	10.4	13.6
水色(フォーレル)	8	7	6	7
色相	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明

調査地点 調査年月日	酸川(酸川野)					
	H26.4.23	H26.6.6	H26.8.8	H26.10.9	H26.12.11	H27.2.16
採水時間	10:10	11:05	12:10	11:50	12:05	11:00
天候(前日)	曇り	曇り	曇りのち雨	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	小雨	曇り	晴れ	雨	晴れ
気温(°C)	15.5	18.0	23.8	19.5	3.5	0.6
水温(°C)	9.5	16.0	21.0	15.2	5.5	2.7
透視度(cm)	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	通常	通常	通常	通常	通常	通常
色相	無色	淡赤褐色	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点 調査年月日	長瀬川(上長瀬橋)					
	H26.4.23	H26.6.6	H26.8.8	H26.10.9	H26.12.11	H27.2.16
採水時間	10:50	11:50	12:45	12:33	12:33	11:37
天候(前日)	曇り	曇り	曇りのち雨	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	曇り	雨	晴れ	曇り	晴れ
気温(°C)	15.5	17.8	23.8	20.5	3.3	0.8
水温(°C)	10.0	16.8	24.3	16.4	5.0	2.0
透視度(cm)	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	通常	通常	通常	通常	通常	通常
色相	無色	無色	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点 調査年月日	長瀬川(小金橋)					
	H26.4.23	H26.6.6	H26.8.8	H26.10.9	H26.12.11	H27.2.16
採水時間	7:10	7:30	8:50	9:00	8:50	6:48
天候(前日)	曇り	曇り	曇りのち雨	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	曇り	曇り	晴れ	曇り	晴れ
気温(°C)	5.5	18.9	26.0	16.0	4.2	-2.5
水温(°C)	6.5	15.5	21.3	12.8	4.0	0.0
透視度(cm)	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	通常	通常	通常	通常	通常	通常
色相	無色	淡黄褐色	無色	黄色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	微濁	透明	透明	透明	透明

## 別紙1-2 猪苗代湖及び流入河川 現地調査結果

調査地点	高森川(酸川合流前)					
調査年月日	H26.4.23	H26.6.6	H26.8.8	H26.10.9	H26.12.11	H27.2.16
採水時間	9:00	10:00	11:10	10:40	11:10	9:09
天候(前日)	曇り	曇り	曇りのち雨	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	晴れ	曇り	晴れ	雨	晴れ
気温(°C)	10.0	19.8	25.5	17.5	3.6	-0.2
水温(°C)	6.7	15.0	18.5	11.5	5.5	2.3
透視度(cm)	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	通常	通常	通常	通常	通常	通常
色相	無色	淡緑色	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点	酸川(高森川前)					
調査年月日	H26.4.23	H26.6.6	H26.8.8	H26.10.9	H26.12.11	H27.2.16
採水時間	9:40	10:40	11:37	11:20	11:34	10:10
天候(前日)	曇り	曇り	曇りのち雨	晴れ	曇り	曇り
天候(当日)	晴れ	曇り	曇り	曇り	曇り	晴れ
気温(°C)	12.0	16.8	21.5	17.5	3.0	-0.5
水温(°C)	8.2	15.2	17.7	14.5	6.9	4.4
透視度(cm)	>100	>100	>100	>100	>100	>100
流況	流量大	通常	通常	通常	通常	通常
色相	無色	淡黄褐色	無色	無色	無色	無色
臭気	無臭	微川藻臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	透明

調査地点	硫黄川(高森川前)					
調査年月日	H26.6.6	H26.8.8	H26.10.9	H26.12.11	H27.3.3	
採水時間	9:05	10:20	10:05	10:15	10:30	
天候(前日)	曇り	曇りのち雨	晴れ	曇り	晴れ	
天候(当日)	晴れ	曇り	晴れ	雨	曇り	
気温(°C)	19.3	26.0	9.8	5.2	3.5	
水温(°C)	15.5	18.7	13.5	8.6	6.2	
透視度(cm)	>100	>100	>100	>100	>100	
流況	通常	通常	通常	通常	ゴミ多し	
色相	淡黄緑色	無色	無色	無色	無色	
臭気	微硫化水素臭	微硫化水素臭	微硫黄臭	無臭	微硫化水素臭	
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	

別紙2 湖心の分析結果

猪苗代湖	溶存態	湖心 0m				湖心 10m				湖心 50m				湖心90m			
調査日		4/9	6/4	8/6	10/1	4/9	6/4	8/6	10/1	4/9	6/4	8/6	10/1	4/9	6/4	8/6	10/1
pH		6.80	6.80	7.05	7.01	6.90	6.80	7.11	7.01	6.80	6.78	6.76	6.74	6.90	6.79	6.76	6.51
EC	μ S/cm	110	112	103	107	109	111	104	107	110	111	108	111	109	111	109	111
T-P	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Na	mg/L	7.89	7.86	7.34	7.68	7.85	7.84	7.35	7.76	7.85	7.79	7.80	7.98	7.93	7.85	7.79	8.02
NH <sub>4</sub>	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.02	<0.01	<0.01
K	mg/L	1.85	1.89	1.75	1.92	1.81	1.81	1.76	1.93	1.85	1.80	1.84	1.95	1.88	1.83	1.81	1.96
Mg	mg/L	2.21	2.23	2.07	2.29	2.22	2.14	2.03	2.33	2.20	2.16	2.19	2.36	2.20	2.23	2.14	2.35
Ca	mg/L	8.54	8.55	7.97	8.71	8.53	8.37	7.91	8.86	8.65	8.40	8.55	8.90	8.72	8.59	8.40	8.94
Fe	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Mn	mg/L	0.02	0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.01	0.02	<0.01	0.01	0.01	0.16
Al	mg/L	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
Zn	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
F	mg/L	0.13	0.14	0.14	0.11	0.13	0.14	0.13	0.11	0.13	0.13	0.13	0.12	0.13	0.12	0.14	0.12
Cl	mg/L	11.00	11.07	10.74	9.16	11.08	11.01	10.84	9.26	11.13	11.12	10.89	9.86	11.26	11.01	10.98	9.69
NO <sub>2</sub>	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
NO <sub>3</sub>	mg/L	1.02	1.02	0.67	0.49	1.02	0.99	0.99	0.49	1.02	1.02	1.00	0.94	1.02	1.02	1.02	1.20
SO <sub>4</sub>	mg/L	31.79	30.77	29.85	28.04	32.53	30.53	30.12	28.82	32.79	30.79	30.29	30.18	33.53	31.53	30.52	28.45
アルカリ度(pH4.8)	mgCaCO <sub>3</sub> /L	4.20	3.89	4.62	4.23	4.07	4.17	4.28	4.26	4.22	4.24	4.77	4.38	4.06	4.42	4.73	5.70
クロロフィルa	ug/L	0.4	0.3	0.8	0.7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
DO	mg/L	12.6	10.1	9.2	8.8	12.6	11.6	9.7	9.0	12.7	11.7	11.8	11.4	12.5	11.7	11.4	9.6

猪苗代湖	全量	湖心 0m				湖心 10m				湖心 50m				湖心90m			
調査日		4/9	6/4	8/6	10/1	4/9	6/4	8/6	10/1	4/9	6/4	8/6	10/1	4/9	6/4	8/6	10/1
T-N	mg/L	0.24	0.29	0.20	0.15	0.25	0.24	0.22	0.17	0.24	0.22	0.22	0.23	0.25	0.25	0.25	0.32
T-P	mg/L	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003
Fe	mg/L	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01
Mn	mg/L	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	<0.01	0.01	0.01
Al	mg/L	0.02	<0.01	0.01	0.01	0.03	<0.01	<0.01	0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	<0.01	<0.01	<0.01
Zn	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01
TOC	mg/L	0.52	0.51	0.74	0.65	0.60	0.55	0.71	0.70	0.53	0.51	0.52	0.46	0.53	0.50	0.51	0.55

別紙3-1 流入河川の分析結果

河川	溶存態	酸川						長瀬川						上長瀬橋						長瀬川						小金橋	
		4/23	6/6	8/8	10/9	12/11	2/16	4/23	6/6	8/8	10/9	12/11	2/16	4/23	6/6	8/8	10/9	12/11	2/16	4/23	6/6	8/8	10/9	12/11	2/16	4/23	6/6
pH		3.27	2.93	2.99	3.05	3.12	2.92	7.52	7.42	7.45	7.69	7.45	7.45	3.89	4.15	3.82	3.85	4.01	4.16								
EC	μ S/cm	437	782	669	657	644	866	282	128	37	236	226	230	238	224	239	301	282	299								
T-P	mg/L	0.019	0.041	0.023	0.020	0.021	0.039	0.003	<0.003	<0.003	0.004	0.004	0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003	<0.003								
Na	mg/L	6.48	10.50	10.34	11.18	11.00	14.89	20.96	10.12	11.52	22.62	19.00	21.23	10.16	10.07	10.03	14.13	13.00	15.34								
NH <sub>4</sub>	mg/L	0.09	0.13	0.14	0.11	0.07	0.11	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.09	0.11	0.03	0.05	0.03	0.05								
K	mg/L	2.06	3.49	3.34	3.66	3.33	4.51	3.82	2.11	2.41	4.18	3.76	3.88	2.38	2.60	2.65	3.39	3.62	3.37								
Mg	mg/L	3.14	5.74	5.49	5.96	5.69	7.91	5.41	2.59	2.88	5.06	4.38	4.52	3.42	3.66	3.62	4.86	4.75	4.63								
Ca	mg/L	11.50	19.70	19.10	20.94	21.30	28.60	22.20	10.30	11.50	20.38	17.30	17.20	13.50	13.90	14.00	18.31	18.20	17.40								
Fe	mg/L	6.82	11.61	10.01	8.12	7.95	9.93	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.44	0.15	0.74	0.23	0.06	0.48								
Mn	mg/L	0.15	0.28	0.26	0.28	0.25	0.37	0.03	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.08	0.11	0.11	0.13	0.11	0.13								
Al	mg/L	7.74	13.46	12.02	11.18	10.84	14.41	0.02	0.02	<0.01	0.01	<0.01	0.02	3.15	3.76	3.54	4.12	3.58	3.80								
Zn	mg/L	0.02	<0.01	0.02	0.02	0.01	0.02	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01								
F	mg/L	0.49	0.89	1.03	2.00	0.86	2.00	0.06	0.03	0.03	0.08	0.05	0.05	0.23	0.25	0.33	0.44	0.39	0.42								
Cl	mg/L	14.20	27.00	29.06	29.50	29.39	43.30	24.00	10.30	13.87	24.00	25.46	25.30	15.30	15.20	16.89	21.46	21.65	25.10								
NO <sub>2</sub>	mg/L	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01								
NO <sub>3</sub>	mg/L	0.88	1.02	1.09	0.77	0.99	1.07	0.38	0.47	0.06	0.23	0.23	0.22	1.02	0.75	0.92	0.79	0.97	0.82								
SO <sub>4</sub>	mg/L	116.00	208.00	195.10	168.00	181.30	232.00	74.80	28.70	34.34	65.40	66.50	59.10	81.30	71.70	72.84	79.40	88.92	79.80								
アルカリ度(pH8.8)	mgCaCO <sub>3</sub> /L	-	-	-	-	-	-	16.28	13.21	15.13	19.08	17.02	17.02	-	-	-	-	-	-								
酸度(pH4.8)	mgCaCO <sub>3</sub> /L	42.55	122.59	111.08	103.58	46.03	122.09	-	-	-	-	-	-	9.17	8.44	16.27	14.33	8.73	9.71								
酸度(pH8.3)	mgCaCO <sub>3</sub> /L	92.26	182.64	148.11	145.11	132.60	197.15	-	-	-	-	-	-	33.23	33.78	35.06	40.71	34.73	35.62								
流量	m <sup>3</sup> /s	5.271	2.382	3.382	3.437	3.522	1.775	3.635	3.783	3.480	2.027	3.576	2.549	16.069	9.471	8.982	3.202	9.474	5.293								

河川	全量	酸川						長瀬川						上長瀬橋						長瀬川						小金橋	
		4/23	6/6	8/8	10/9	12/11	2/16	4/23	6/6	8/8	10/9	12/11	2/16	4/23	6/6	8/8	10/9	12/11	2/16	4/23	6/6	8/8	10/9	12/11	2/16	4/23	6/6
T-N	mg/L	0.36	0.36	0.49	0.42	0.40	0.46	0.10	0.13	0.10	0.11	0.11	0.10	0.26	0.26	0.32	0.26	0.30	0.28								
T-P	mg/L	0.021	0.047	0.033	0.022	0.028	0.046	0.006	0.008	0.01	0.011	0.009	0.009	0.012	0.012	0.015	0.014	0.012	0.017								
Fe	mg/L	6.91	11.83	10.59	8.38	8.18	10.53	0.05	0.12	0.09	0.10	0.05	0.03	1.84	1.83	0.96	1.37	2.23	2.06								
Mn	mg/L	0.15	0.29	0.28	0.28	0.26	0.37	0.03	0.05	0.04	0.04	0.03	0.02	0.08	0.12	0.12	0.14	0.11	0.13								
Al	mg/L	7.97	14.02	12.47	11.38	10.93	15.30	0.06	0.12	0.08	0.11	0.06	0.04	3.27	3.80	3.84	4.40	3.70	4.03								
Zn	mg/L	0.02	<0.01	0.02	0.02	0.03	0.02	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.01	<0.01								

別紙3-2 流入河川の分析結果

河川	溶存態	高森川 酸川合流前						酸川 高森川合流前						硫黄川 高森川合流前					
		4/23	6/6	8/8	10/9	12/11	2/16	4/23	6/6	8/8	10/9	12/11	2/16	6/6	8/8	10/9	12/11	3/3	
pH		2.92	2.55	2.59	2.83	2.78	2.33	3.55	3.58	3.39	3.15	3.40	3.12	-	2.24	2.22	2.27	2.29	2.25
EC	μ S/cm	698	1567	1352	965	1177	2650	307	398	404	632	459	679	-	3090	3050	3170	3300	3400
T-P	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Na	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NH <sub>4</sub>	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
K	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Mg	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Ca	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Fe	mg/L	14.23	34.52	30.81	19.14	21.39	54.71	0.45	0.66	0.58	0.96	0.84	1.21	-	35.26	78.08	73.42	71.97	64.82
Mn	mg/L	0.17	0.42	0.40	0.31	0.34	0.92	0.17	0.26	0.24	0.34	0.27	0.36	-	0.80	0.77	0.88	0.87	1.37
Al	mg/L	12.73	30.20	27.60	17.83	21.60	57.37	3.71	5.72	4.99	7.34	6.35	8.62	-	32.02	66.34	67.17	72.81	70.08
Zn	mg/L	0.02	0.03	0.04	0.03	0.03	0.09	0.01	<0.01	<0.01	0.02	0.01	0.02	-	0.11	0.11	0.11	0.10	0.12
F	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Cl	mg/L	12.50	32.40	32.30	25.00	34.82	100.20	26.60	36.00	37.67	49.40	40.96	55.30	-	68.80	79.53	94.56	116.00	154.00
NO <sub>2</sub>	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
NO <sub>3</sub>	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
SO <sub>4</sub>	mg/L	179.00	500.00	425.50	269.00	164.40	850.00	75.10	94.60	94.29	132.00	116.50	153.00	-	1007.00	1072.35	1072.00	1142.00	1073.00
アルカリ度(pH4.8)	mgCaCO <sub>3</sub> /L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
酸度(pH4.8)	mgCaCO <sub>3</sub> /L	157.62	371.79	318.25	188.65	135.10	597.97	16.07	16.07	31.80	53.84	30.59	56.39	-	844.17	854.18	838.17	841.17	799.13
酸度(pH8.3)	mgCaCO <sub>3</sub> /L	212.67	442.85	371.79	250.20	300.24	793.63	41.16	41.16	54.87	91.33	63.16	100.93	-	1333.06	1001.30	1005.80	1026.32	1003.30
流量	m <sup>3</sup> /s	2.918	0.635	1.135	1.194	0.998	0.355	1.956	0.804	1.269	0.990	1.156	0.811	-	0.411	0.721	0.323	0.454	0.254

河川	全量	高森川 酸川合流前					酸川 高森川合流前					硫黄川 高森川合流前							
		4/23	6/6	8/8	10/9	12/11	2/16	4/23	6/6	8/8	10/9	12/11	2/16	6/6	8/8	10/9	12/11	3/3	
T-N	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
T-P	mg/L	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	
Fe	mg/L	14.23	37.43	32.41	20.30	22.15	57.77	0.47	0.71	0.64	0.97	0.85	1.25	-	72.35	80.30	77.88	74.62	89.96
Mn	mg/L	0.17	0.45	0.40	0.34	0.35	0.97	0.17	0.28	0.24	0.33	0.27	0.37	-	0.82	0.79	0.94	0.91	1.45
Al	mg/L	12.91	32.53	27.72	18.98	22.36	60.47	3.76	5.90	5.08	7.50	6.42	8.81	-	69.23	68.32	71.86	75.60	98.52
Zn	mg/L	0.02	0.03	0.04	0.04	0.03	0.09	0.01	<0.01	<0.01	0.01	0.02	0.01	-	0.11	0.11	0.11	0.11	0.13

## 2 猪苗代湖大腸菌群超過対策調査

### 1 目的

猪苗代湖の大腸菌群数が湖沼 A 類型環境基準 (1,000MPN/100mL) を超過する事例が平成 18 年度以降見受けられることから (図 1)、猪苗代湖及び大腸菌群の流入負荷が大きいと考えられる河川の水質調査を実施することにより、大腸菌群が出現する傾向を把握するとともに、大腸菌群の種の同定を行い、湖心での季節による生息状況の違いを考察した。また、大腸菌群数が多く検出される 9 月においては、全ての地点について大腸菌群の同定を行い、種の分布状況を確認する。

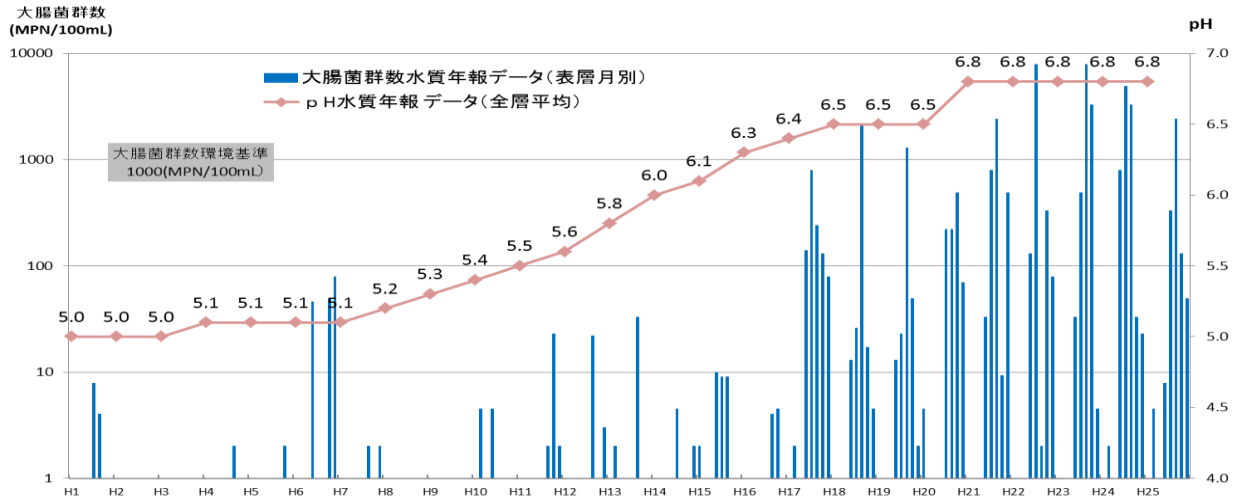


図1 猪苗代湖湖心の pH 及び大腸菌群数の経年変化

### 2 調査方法

猪苗代湖及び小黒川、高橋川、長瀬川の大腸菌群等の水質調査を行い、猪苗代湖の大腸菌群の由来や出現状況を考察する。

### 3 調査地点

調査地点は図2のとおり。

- (1) 猪苗代湖湖心  
(表層、水深5m、水深15m、水深30m)
- (2) 高橋川 (新橋)
- (3) 小黒川 (梅の橋)
- (4) 長瀬川 (小金橋)
- (5) 猪苗代湖高橋川沖500m (以下「高橋川沖500m」)
- (6) 猪苗代湖小黒川沖500m (以下「小黒川沖500m」)
- (7) 猪苗代湖長瀬川沖500m (以下「長瀬川沖500m」)

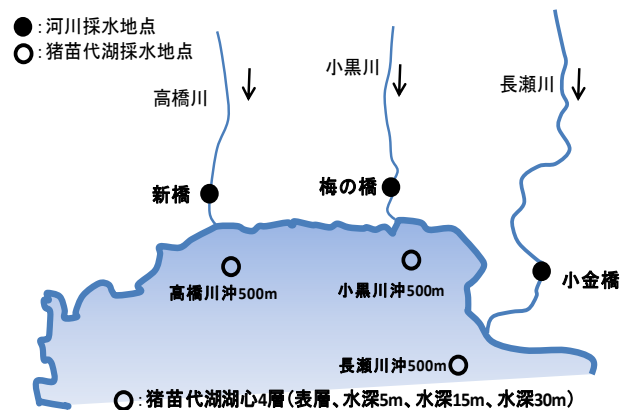


図2 調査地点

### 4 調査時期

年7回(5月、6月、7月、8月、9月、10月、11月)

## 5 調査項目

- (1) 3-(2) (3) (4)については、気温、水温、透視度、色相、臭気、濁り、流量
- (2) 3-(1) (5) (6) (7)については、気温、水温、透明度、色相、臭気、濁り、沖合調査地点の水深
- (3) pH、EC、D0、SS、大腸菌群数、大腸菌数、TOC、大腸菌群の種の同定

## 6 測定方法

- (1) pH：イオン電極法
- (2) EC：交流二電極法
- (3) D0：よう素滴定法
- (4) SS：重量法
- (5) 大腸菌群数、大腸菌数：コリラート培地によるQTトレイ法（アイデックスラボラトリーズ（株））  
\*猪苗代湖湖心の大腸菌群数についてはBGLB培地による最確数法も実施した。  
それ以外の地点については9月のみ実施した。
- (6) TOC：燃焼酸化-赤外線分析方式
- (7) 種の同定：大腸菌群陽性となったBGLB液体培地からBGLB寒天培地に塗末し、普通寒天培地で単離培養後、もう一度BGLB液体培地でガスを発生した菌株を対象にAPI20E（シスメックス・ビオリユー（株））で菌種を同定した。

## 7 結果及び考察

現地調査結果については、別紙1のとおり。

分析結果については、別紙2のとおり。

### (1) 猪苗代湖湖心の水質について

#### ア 水温の鉛直分布と水温躍層について

猪苗代湖湖心における鉛直水温の調査結果を図3に示す。なお、図3の作成にあたっては「平成26年度猪苗代湖水質モニタリング調査事業」で測定したデータも使用している。

4月の水温は、全層でほぼ一定であり、気温の上昇と共に表層の水温も上昇し、6月4日には水温躍層が確認された。その後10月1日には水温躍層部の下層への低下が始まっていた。

#### イ 大腸菌群数及び大腸菌数について

猪苗代湖湖心の大腸菌群数及び水温の調査結果を図4に示す。

猪苗代湖湖心表層の大腸菌群数は、調査を始めた5月及び6月には検出されなかったが、7月16日、8月6日には、2MPN/100mL、5MPN/100mLと検出され初め、9月10日、10月1日には湖沼A類型の環境基準を超える6,400MPN/100mL、5,400MPN/100mLが検出された。11月5日には31MPN/100mLと環境基準以下となっていた。

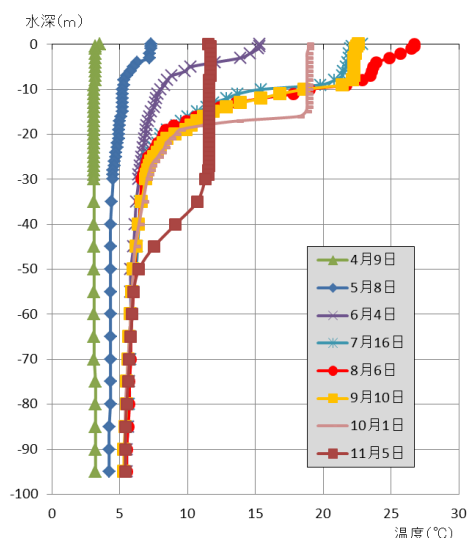


図3 湖心の鉛直分布

水深別にみると、初めて大腸菌群が検出された6月は水深30mでのみ検出しているが、8月以降は水温躍層の上層である表層及び水深5mが、水温躍層の下層である水深15m及び水深30mより高い値を示した。

猪苗代湖湖心表層の水温は、8月6日に26.7℃と最高値を示し、その後低下していた。水温の上昇とともに大腸菌群が高い値を示す傾向はみられるが、大腸菌群数が表層で最高値を示した9月10日の水温は22.6℃と8月より低下傾向にあり、9月及び10月には、水温の低い水深30mでも大腸菌群の上昇がみられたが、水温と大腸菌群数に正の相関が認められた。

なお、大腸菌数は全ての時期及び水深で1MPN/100mL未満であった。

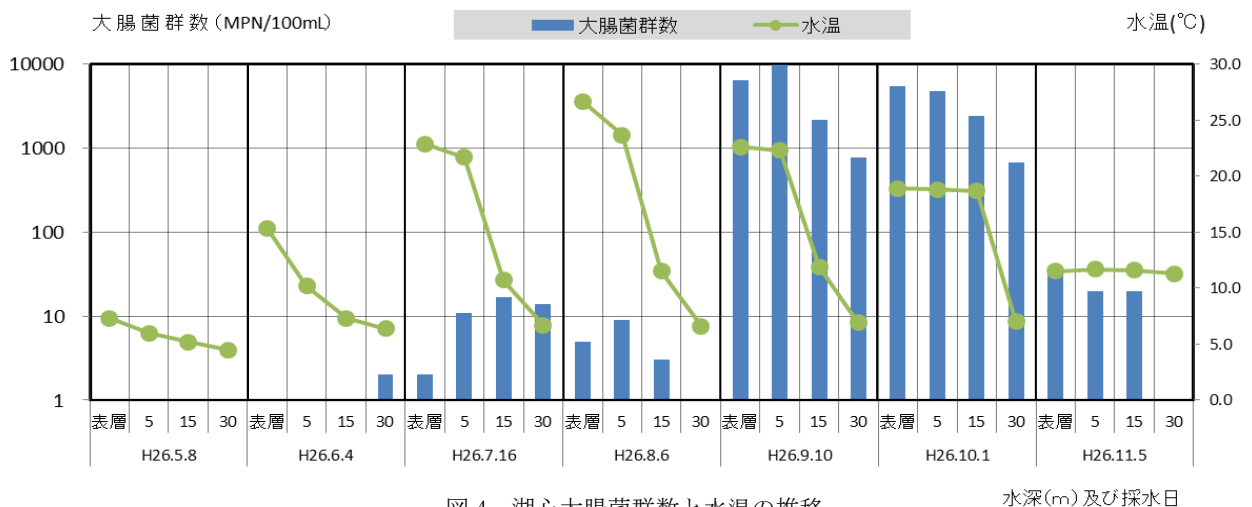


図4 湖心大腸菌群数と水温の推移

ウ 大腸菌群数と他の水質調査項目について

猪苗代湖湖心のpH及びTOCの調査結果を図5～6に示す。

大腸菌群数とその他の水質調査項目との相関を表1に示す。

pHは6.75～7.22であり、水深別では、水深30mが他の水深と比較して、比較的低い値であった。pHの最高値は8月の水深15mと、大腸菌群数が低かったため、大腸菌群数とpHに相関関係は認められなかった。

TOCは0.50～0.85mg/Lで、TOCは水温と高い相関があった。TOCも大腸菌群数が高かった9月10日に高い値を示し、大腸菌群数とTOCに正の相関関係が認められた。なお、ECは104～112μS/cmと月別、水深別とほぼ一定の値、DO飽和率は95%以上、SSは1mg/L未満と、大腸菌群数とこれらの項目に相関は認められなかった。

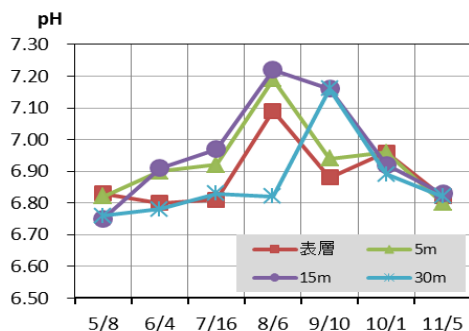


図5 猪苗代湖湖心のpH

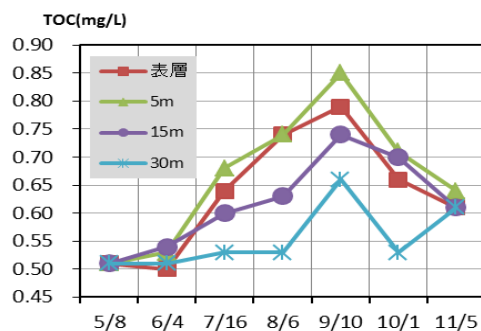


図6 猪苗代湖湖心のTOC



表 1. 猪苗代湖湖心における大腸菌群数とその他の項目の相関関係

	水温	pH	EC	DO飽和率	TOC
大腸菌群数	0.408	0.340	-0.361	-0.065	0.719

(2) 各河川及び各河川沖 500m の水質について

ア 高橋川新橋及び高橋川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数について

高橋川新橋、高橋川沖 500m 及び猪苗代湖湖心表層の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の調査結果を図 7 に示す。

高橋川新橋の大腸菌群数は 7,600~26,000MPN/100mL、大腸菌数は 43~860MPN/100mL、高橋川沖 500m 地点の大腸菌群数は 26~1,900MPN/100mL、大腸菌数は 1 未満~7MPN/100mL であった。高橋川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数は、いずれも直近の河川より数桁低い値を示していた。高橋川沖 500m は猪苗代湖心表層より 9 月 10 日及び 10 月 1 日を除いては高い値を示しており、大腸菌群数の湖沼 A 類型の環境基準である 1,000MPN/100mL を超えたのは、9 月 10 日 (1,200MPN/100mL)、10 月 1 日 (1,900MPN/100mL) の 2 回であった。

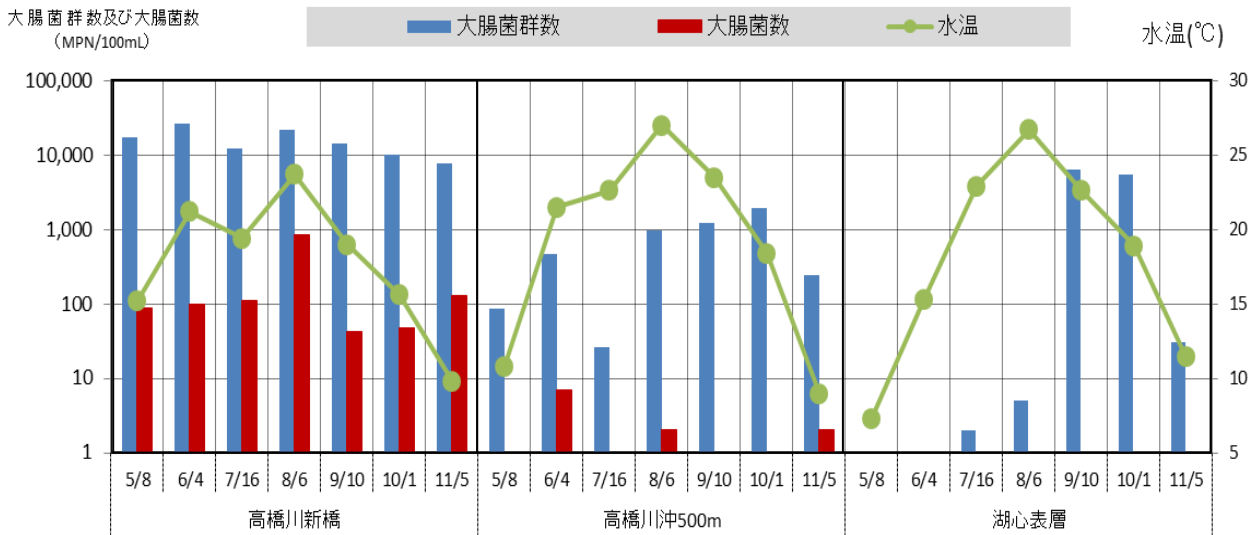


図 7 各地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

イ 小黒川梅の橋及び小黒川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数について

小黒川梅の橋、小黒川沖 500m 及び猪苗代湖湖心表層の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の調査結果を図 8 に示す。

小黒川梅の橋の大腸菌群数は 9,000~72,000MPN/100mL、大腸菌数は 86~410MPN/100mL、小黒川沖 500m の大腸菌群数は 1 未満~3,200MPN/100mL、大腸菌数は 1 未満~34MPN/100mL であった。小黒川沖 500m 地点の大腸菌群数及び大腸菌数は、いずれも直近の河川より数桁低い値を示していた。小黒川沖 500m 地点は、猪苗代湖心表層より 9 月 10 日及び 10 月 1 日を除いては高い値を示していた。大腸菌群数の湖沼 A 類型の環境基準である 1,000MPN/100mL を超えたのは、7 月 16 日 (1,200MPN/100mL)、8 月 6 日 (3,200MPN/100mL)、10 月 1 日 (2,700MPN/100mL) の 3 回であった。

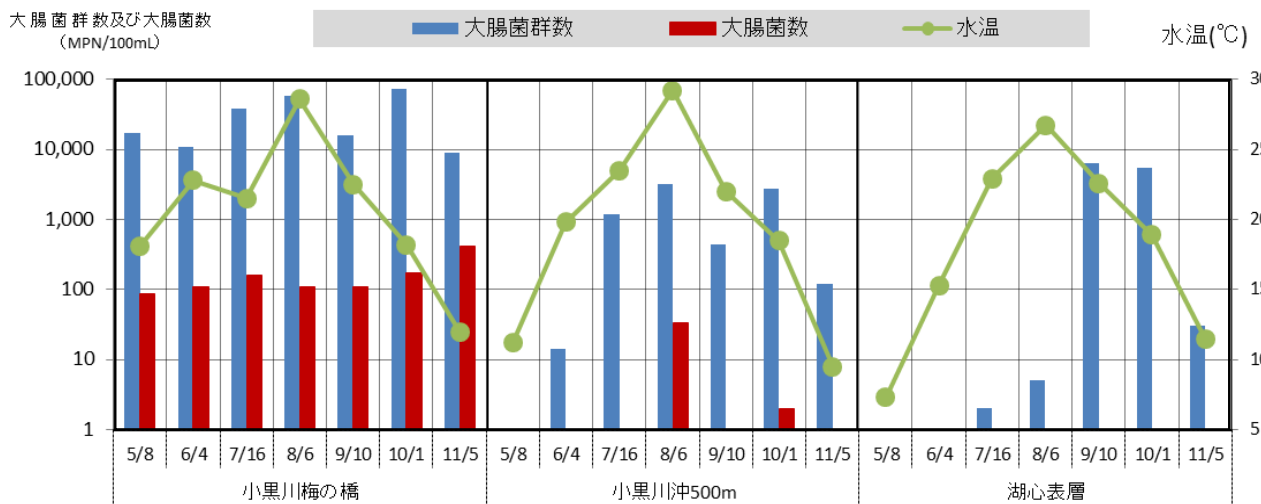


図8 各地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

ウ 長瀬川小金橋及び長瀬川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数について

長瀬川小金橋、長瀬川沖 500m 及び猪苗代湖湖心表層の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の調査結果を図9に示す。

長瀬川小金橋の大腸菌群数は53~860MPN/100mL、大腸菌数は1未満~10MPN/100mL、長瀬川沖 500m の大腸菌群数は1未満~6,400MPN/100mL、大腸菌数は1未満~2MPN/100mLであった。大腸菌群数については、長瀬川小金橋と長瀬川沖 500m 地点と同様な値又は長瀬川沖 500m のほうが高い値を示す日が多く、長瀬川沖 500m と猪苗代湖湖心表層も6月4日以外は、ほぼ同様な値であった。長瀬川沖 500m で大腸菌群数の湖沼A類型の環境基準である1,000MPN/100mLを超えたのは、9月10日(6,400MPN/100mL)、10月1日(3,600MPN/100mL)の2回であった。酸性河川である長瀬川小金橋の大腸菌群数及び大腸菌数は、高橋川新橋及び小黒川梅の橋と比較して1~2桁低い値であった。しかし、長瀬川の流量は高橋川や小黒川の4~50倍あるため、大腸菌群の流入負荷総量では同程度の負荷を示す日もあった。

また、長瀬川沖 500m の大腸菌数は6月4日に2MPN/100mLが検出されただけであり、高橋川 500m 沖及び小黒川 500m 沖と比較して低い値であった。

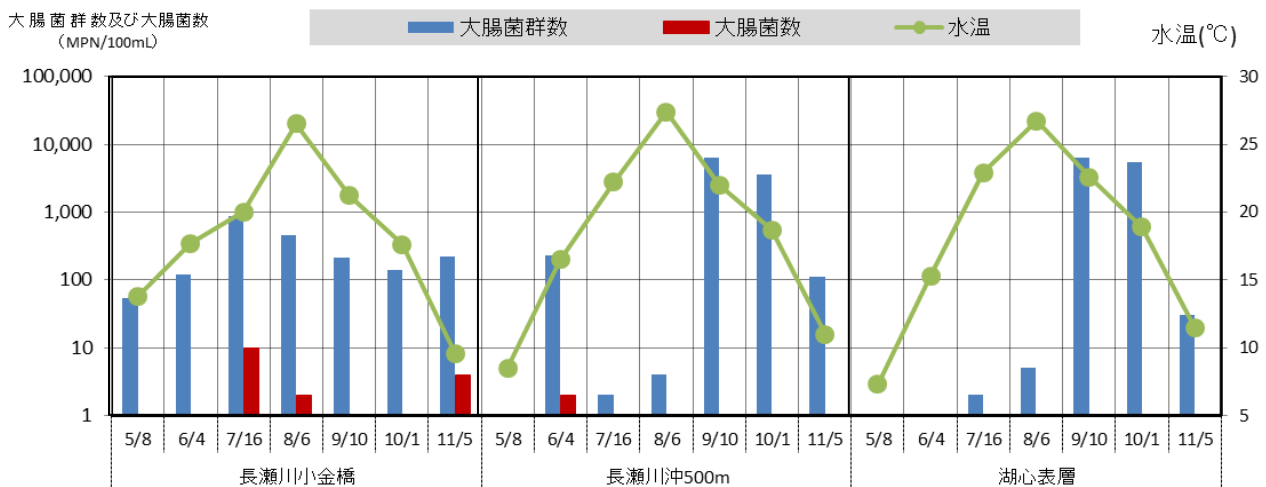


図9 各地点の大腸菌群数と大腸菌数及び水温の推移

エ 各河川及び各河川沖 500m の大腸菌群数に占める大腸菌数の比について

地点ごとの大腸菌群数に占める大腸菌数の比の結果を表 2 に示す。

全ての地点の分布は 0~4.6% とすべて 5% 以下であった。全ての地点の平均値も、下水処理水流入前の河川水の平均値が 5% であったという和波らの報告<sup>1)</sup> よりも低く、各河川及び各河川沖 500m の大腸菌による汚染の割合は低いと考えられる。

表 2 各地点の大腸菌群数に占める大腸菌数の比

地点名	大腸菌数/大腸菌群数(%)	
	平均値	分布
高橋川新橋	1.2	0.3~3.9
高橋川沖500m	0.9	0~3.8
小黒川梅の橋	1.1	0.2~4.6
小黒川沖500m	0.2	0~1.1
長瀬川小金橋	0.5	0~1.8
長瀬川沖500m	0.1	0~0.9

オ 各河川の大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質項目について

各河川の流量等のグラフを図 10~12 に示す。

大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質調査項目との相関を表 3 及び表 4 に示す。

高橋川新橋及び小黒川梅の橋の pH は 7.18~8.13、EC は 150~226  $\mu$ S/cm、SS は 1~14mg/L、TOC は 0.89~2.21mg/L と猪苗代湖湖心の水質より高い値を示した。DO 飽和率は 92% 以上の値であった。高橋川新橋及び小黒川梅の橋の 2 地点とも、水温の上昇する夏期に大腸菌群数が高くなる傾向があり、大腸菌群数と水温に正の相関が認められた。

長瀬川小金橋の pH は 3.70~5.68、EC は 70~369  $\mu$ S/cm、SS は 1 未満~11mg/L、TOC は 0.50~1.48mg/L、DO 飽和率は 93% 以上であった。6 月 4 日、7 月 16 日は秋元発電所の放流水が流入している時間帯の採水のため、水量が多く流速の測定が困難だったため、流量を欠測又は参考値とした。また、5 月 8 日の採水も、秋元発電所の放流終了時間の 90 分後であったが、まだ水量が多く、放流水の影響を受けている水質であると思われた。平成 24 年度の調査<sup>2)</sup> では、秋元発電所が放流する時間帯の試料は、秋元湖由来の水質の影響が強くなり pH は高く EC は低く、大腸菌群数及び大腸菌数は低い値を示していた。しかし、平成 25 年度の調査<sup>3)</sup> で秋元発電所放流時の調査時であった 9 月 11 日に、pH が高く EC は低かったが、大腸菌群数及び大腸菌数は高い値を示した。この現象は、今年度の 7 月 16 日にもみられ、大腸菌群数、大腸菌数とも平成 26 年度の最高値を示し、またその時の TOC も最高値 (1.48mg/L) となり、大腸菌群数及び大腸菌数と TOC に正の相関が認められた。

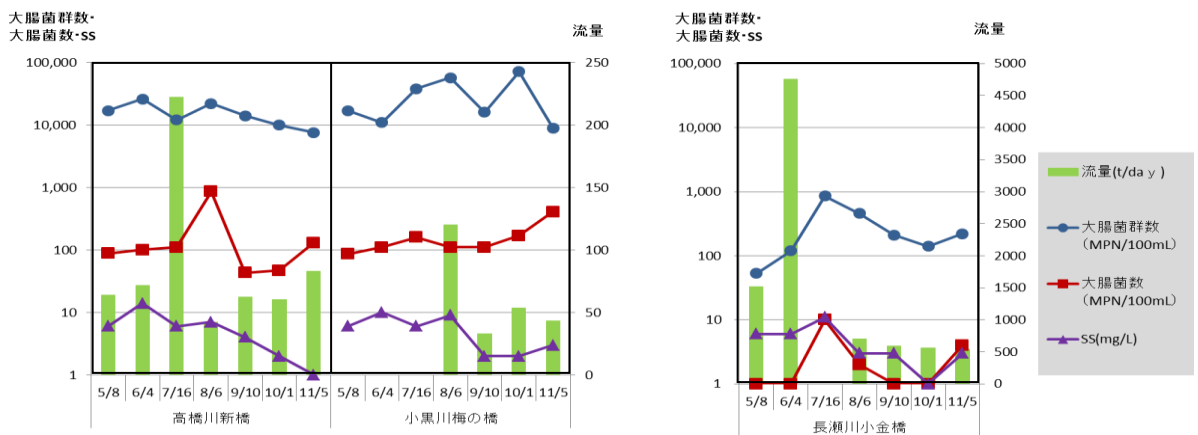


図 10 各河川の流量と SS 等の推移

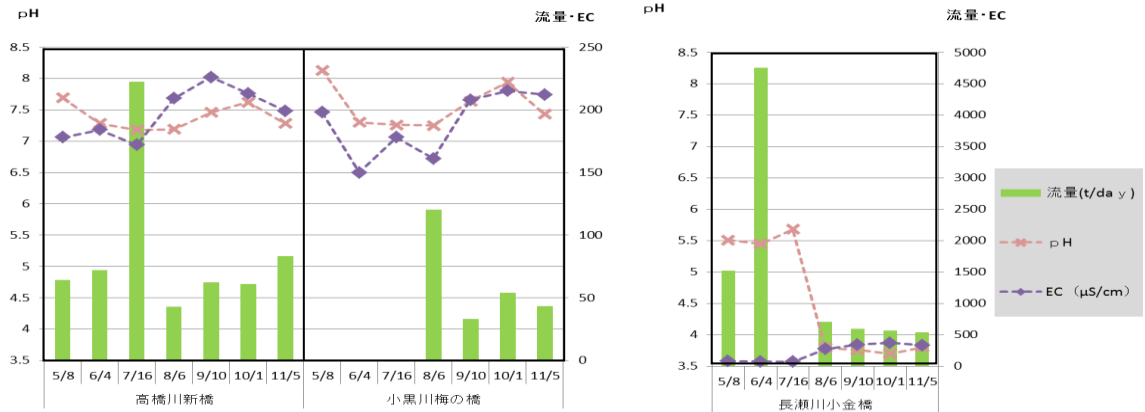


図 11 各河川の流量と pH 等の推移

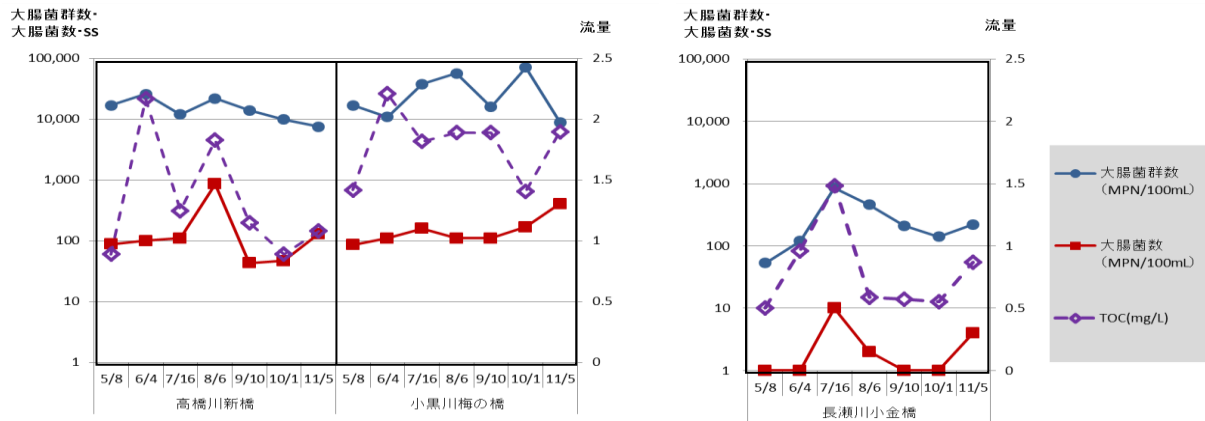


図 12 各河川の大腸菌群数と TOC 等の推移

表 3 高橋川新橋及び小黒川梅の橋における大腸菌群数及び大腸菌数とその他の項目との相関関係 (n=14)

	水温	DO飽和率	pH	EC	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.601	0.496	0.135	-0.137	0.276	0.281	0.135
大腸菌数	0.061	-0.072	-0.291	0.077	0.025	0.446	

表 4 長瀬川小金橋における大腸菌群数及び大腸菌数とその他の項目との相関関係 (n=7)

	水温	DO飽和率	pH	EC	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.516	-0.058	-0.100	0.069	0.358	0.636	0.788
大腸菌数	-0.047	-0.092	0.218	-0.194	0.605	0.817	

カ 各河川沖 500m の大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質項目について  
各河川沖 500m の調査結果のグラフを図 13～15 に示す。

大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質調査項目との相関を表 5 及び表 6 に示す。

高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m の pH は 6.62～9.29、EC は 103～202  $\mu\text{S}/\text{cm}$ 、SS は 1 未満～3mg/L、TOC は 0.57～2.92mg/L、DO 飽和率は 91%以上の値であった。水深の浅い高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m は、pH、EC、SS 及び TOC は猪苗代湖湖心より高い値を示した月も多く、各流入河川の影響を強くうけていた。また、この 2 地点の水深は、5 月から 11 月まで 0.3～2.1m と浅く、夏季から秋季にかけてはコカナダモ、セキシヨウモ及びヒルムシロが繁茂していた。また、小黒川沖 500m では 7 月から 10 月にかけて pH が 8 以上の値になることもみられる。これは炭酸同化作用の影響と思われ、TOC や EC も他の月より高い

値を示した。大腸菌群数及び大腸菌数とその他の水質項目の一部に正の相関がみられた。

長瀬川沖 500m の pH は 3.81~7.05、EC は 104~269  $\mu$ S/cm、SS は 1 未満~7mg/L、TOC は 0.59~0.90mg/L、D0 飽和率は 97%以上であった。長瀬川沖 500m は、高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m より水深が深いため、長瀬川小金橋の水質ではなく、ほぼ湖心表層と同様な水質であった。しかし、6月4日の調査では、長瀬川から帯状に流れてくる長瀬川由来のフロックが目視で確認でき、その時の長瀬川沖 500m の pH や EC は長瀬川の水質の影響を強く受けていた。長瀬川沖 500m で大腸菌数が検出されたのは、6月4日の1日だけであり、大腸菌と EC 間及び大腸菌と SS 間に正の相関が、大腸菌と pH 間に負の相関があると示唆されたが、検体数が少ないため今後データを蓄積して検討していきたい。

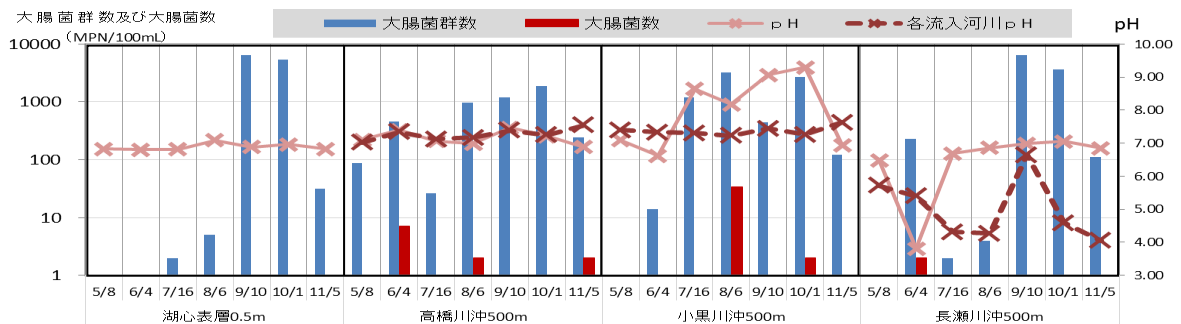


図 13 各河川沖 500m 地点等の pH の推移

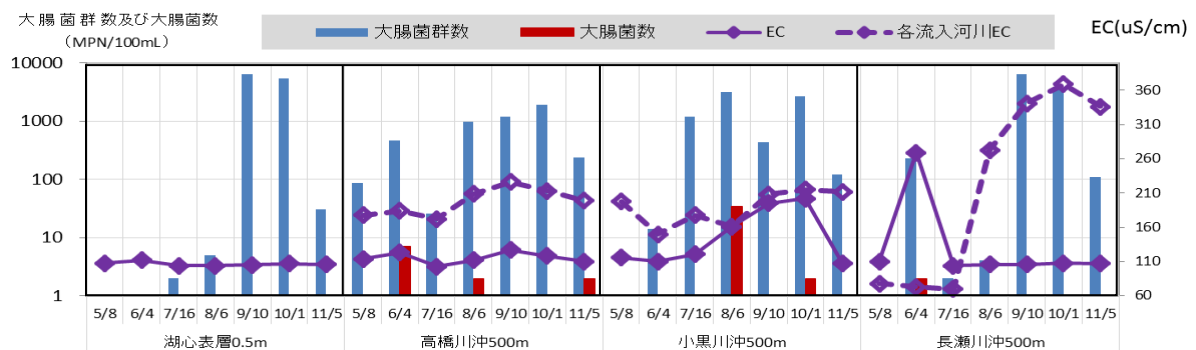


図 14 各河川沖 500m 地点等の EC の推移

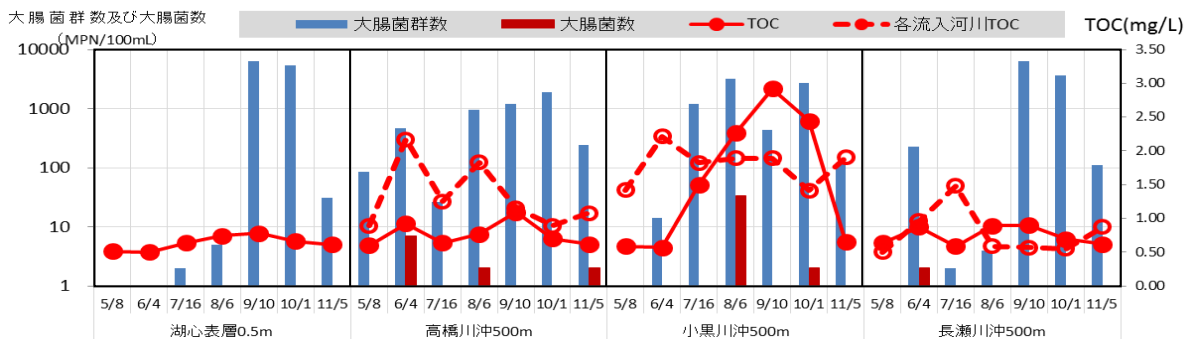


図 15 各河川沖 500m 地点等の TOC の推移

表5 高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m 地点における大腸菌群数及び大腸菌数とその他の項目の相関関係 (n=14)

	水温	DO飽和率	pH	EC	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.512	0.213	0.535	0.462	0.350	0.528	0.413
大腸菌数	0.447	0.532	0.186	0.279	0.100	0.343	

表6 長瀬川沖 500m 地点における大腸菌群数及び大腸菌数とその他の項目の相関関係 (n=7)

	水温	pH	EC	SS	TOC	大腸菌数
大腸菌群数	0.102	-0.014	0.157	0.157	0.391	0.157
大腸菌数	-0.103	-0.986	1.000	1.000	0.386	

### (3) 大腸菌群の同定

大腸菌群の同定結果を表7に示す。

猪苗代湖湖心の5月8日は全層で大腸菌群数が検出されず、6月4日は水深30mでのみ大腸菌群が検出され、*Serratia liquefaciens*が同定された。7月16日、8月6日は全層で大腸菌群数が検出され、全層から*Aeromonas*属のみが同定された。表層で大腸菌群数がA類型の環境基準を超過した9月10日の表層で*Enterobacter cloacae*と*Enterobacter asburiae*が、水深5mでは*E. cloacae*が、水深15m以下では*E. cloacae*と*Aeromonas*属が同定された。10月1日の表層及び水深30mでは、*E. cloacae*と*Aeromonas*属が、水深5m及び水深15mでは*E. cloacae*のみが同定された。11月5日は全層で*E. cloacae*と*Aeromonas*属が、水深5m及び水深15mでは、それ以外の種も数種類確認できた。5月から11月にかけて猪苗代湖湖心の大腸菌群数の種の同定を行ったが、高い頻度で同定されたのは*E. cloacae*及び*Aeromonas*属で、その他数回*E. asburia*、*Serratia*属、*Pantoea*属等が同定された。この結果は、湖心から単離された大腸菌群のうち最も高い頻度で*E. cloacae*が同定され、次いで*E. asburia*、*E. amnigenus1*が多く出現したという小野<sup>4)</sup>の報告と類似するものであった。しかし、平成25年7月調査時と同様に、平成26年度も7月及び8月に*Aeromonas*属のみが検出される事例がみられることから、今後*Aeromonas*属の出現状況に注視していきたい。

9月10日の高橋川新橋からは*Enterobacter sakazaki*、*E. asburiae*、*E. amnigenus2*が、小黒川梅の橋からは*Escherichia coli2*、*Klebsiella oxytoca*が同定された。酸性河川であり大腸菌群数が少ない長瀬川小金橋からは、*E. cloacae*が同定された。

高橋川沖500mでは*Aeromonas*属、*E. cloacae*が、小黒川沖500mでは*Aeromonas*属が、長瀬川沖500mは*E. cloacae*のみが同定された。長瀬川沖500mでは*E. cloacae*が同定された。



表 7 大腸菌群の同定結果

採水地点	採水日	<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria1</i>	<i>Aeromonas hydrophila/caviae/sobria2</i>	<i>Citrobacter freundii</i>	<i>Escherichia coli2</i>	<i>Enterobacter cloacae</i>	<i>Enterobacter sakazaki</i>	<i>Enterobacter asburiae</i>	<i>Enterobacter amnigenus2</i>	<i>Klebsiella oxytoca</i>	<i>Serratia marcescens</i>	<i>Serratia liquefaciens</i>	<i>Hafnia alvei1</i>	<i>Chromobacterium violaceum</i>	<i>Pantoea spp2</i>	<i>Pantoea spp3</i>	<i>Raoultella terrigena</i>	<i>Rehnella aquatilis</i>	The others	BGLB培地の大腸菌群数の結果 (MPN/100mL)	BGLB培地の最高希釈試験管接種量(mL)	BGLB培地の最高希釈陽性試験管本数(本)	コリラート培地の大腸菌群数の結果 (MPN/100mL)	
猪苗代湖 湖心 表層	H26.5.8																			<1	—	—	<1	
猪苗代湖 湖心 5m																					<1	—	—	<1
猪苗代湖 湖心 15m																					<1	—	—	<1
猪苗代湖 湖心 30m																					<1	—	—	<1
猪苗代湖 湖心 表層	H26.6.4																				<1	—	—	<1
猪苗代湖 湖心 5m																					<1	—	—	<1
猪苗代湖 湖心 15m																					<1	—	—	<1
猪苗代湖 湖心 30m												0.6									4	10	2	2
猪苗代湖 湖心 表層	H26.7.16	2.5																			330	0.1	1	3
猪苗代湖 湖心 5m		3.1																			1300	0.1	4	11
猪苗代湖 湖心 15m		2.7 3.3																			2400	0.1	5	17
猪苗代湖 湖心 30m		1.5 2.0																			130	1	4	14
猪苗代湖 湖心 表層	H26.8.6	2.4																			280	0.1	3	5
猪苗代湖 湖心 5m		4.1																			13000	0.01	4	9
猪苗代湖 湖心 15m		3.1																			1300	0.1	4	3
猪苗代湖 湖心 30m		2.7																			490	0.1	2	<1
猪苗代湖 湖心 表層	H26.9.10				3.4	3.4															4900	0.01	2	6400
猪苗代湖 湖心 5m					3.9																7900	0.01	3	10000
猪苗代湖 湖心 15m		3.4			3.4																4900	0.01	2	2200
猪苗代湖 湖心 30m		2.4			2.7																790	0.1	3	780
猪苗代湖 高橋川沖500m		2.7			2.4																790	0.1	3	1200
猪苗代湖 小黒川沖500m		2.4 2.4																			490	0.1	2	440
猪苗代湖 長瀬川沖500m						3.7															4900	0.01	2	6400
高橋川 新橋					3.5	3.5	3.5						3.5							13000	0.01	4	14000	
小黒川 梅の橋					4.0					4.0										22000	0.001	2	16000	
長瀬川 小金橋					1.2															17	1	1	210	
猪苗代湖 湖心 表層	H26.10.1	3.4			3.7																7900	0.01	3	5400
猪苗代湖 湖心 5m					3.7																4900	0.01	2	4800
猪苗代湖 湖心 15m					3.7																4900	0.01	2	2400
猪苗代湖 湖心 30m			2.7		2.4																790	0.1	3	680
猪苗代湖 湖心 表層	H26.11.5	1.0			1.1																23	10	5	31
猪苗代湖 湖心 5m		1.0			0.7									0.7			0.7				23	10	5	20
猪苗代湖 湖心 15m		1.0			0.7		0.7											0.7			23	10	5	20
猪苗代湖 湖心 30m			1.4		1.4																49	1	2	32

\*表中の数値は最高希釈の試験管から出現した割合に数値を乗じた値の常用対数表

## 8 まとめ

- (1) 猪苗代湖湖心表層の大腸菌群数は、5月から8月まではほとんど検出されなかったが、9月から10月にかけては4層で検出された。特に9月11日の表層では、6,400MPN/100mLと、湖沼A類型の環境基準(1,000MPN/100mL)を超える高い値となった。大腸菌群数とTOCとの間に正の相関がみられた。なお、猪苗代湖湖心で年間(5月~11月)を通じて大腸菌は検出されなかった。
- (2) 高橋川新橋及び小黒川梅の橋の大腸菌群数は数千~数万MPN/100mL、大腸菌数は数十~数百MPN/100mL程度、高橋川沖500m及び小黒川沖500mの大腸菌群数は1未満~数千MPN/100mL、大腸菌数は1未満~数十MPN/100mL程度であった。高橋川及び小黒川から流入後、猪苗代湖内の高橋川沖500m及び小黒川沖河川沖500mでは、数桁減少していた。
- (3) 長瀬川小金橋の大腸菌群数は数十~数百MPN/100mL、大腸菌数は1未満~10MPN/100mLであり、8(2)の2河川と比較して低い値であった。猪苗代湖内の長瀬川沖500mの大腸菌群数はほぼ同様の値、大腸菌数は減少しており、6月4日を除いては1MPN/100mL未満であった。長瀬川小金橋で大腸菌群数及び大腸菌数とTOCに、猪苗代湖長瀬川沖500mで大腸菌群数と水温、大腸菌数とEC及びSSに正の相関がみられたが、試料数(n=7)が少ないため今後データを蓄積し、検討していきたい。
- (4) 大腸菌群数に占める大腸菌数の比は各河川で0~4.6%、猪苗代湖各河川沖500m地点で0~3.8%と大腸菌数の割合は少なかった。
- (5) 猪苗代湖湖心の大腸菌群数の種は、最も高い頻度で同定されたのは *Aeromonas* 属、*E. cloacae* で、このほか *E. asburia*、*Serratia* 属、*Pantoea* 属等が同定された。長瀬川小金橋及び長瀬川沖500mでは *E. cloacae* が同定された。

## 参考文献

- 1) 和波和夫：大腸菌群数測定の課題と今後の動向  
第46回日本水環境学会併設全国環境協議会研究集会
- 2) 平成24年度猪苗代湖調査研究事業等報告書 福島県環境センター
- 3) 平成25年度猪苗代湖調査研究事業等報告書 福島県環境センター
- 4) 小野公嗣：猪苗代湖に出現する大腸菌群とその由来  
福島大学大学院共生システム理工学研究科 修士論文 2011年3月



別紙1 現地調査表

調査地点	猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)			猪苗代湖(湖心)			
	表層	5	15	30	表層	5	15	30	表層	5	15	30	表層	5	15	30
採取水深(m)	H26.5.8				H26.8.6				H26.9.10				H26.10.1			
調査年月日	9:20				9:20				9:20				9:30			
採水時間	晴れ				晴れ				晴れ				晴れ			
天候(前日)	晴れ				晴れ				晴れ				曇り			
天候(当日)	晴れ				曇り後晴れ				晴れ				曇り			
気温(℃)	14.7				18.6				27.5				17.8			
水温(℃)	7.3	6.0	5.2	4.5	15.30	10.20	7.30	6.40	22.90	21.70	10.70	6.70	26.70	23.70	11.50	6.60
透明度(m)	12.5				10.0				8.3				10.4			
水色(フオージェル)	6				7				8				6			
色相	無色				無色				無色				無色			
臭気	無臭				無臭				無臭				無臭			
濁り	透明				透明				透明				透明			

調査地点	猪苗代湖			猪苗代湖			猪苗代湖			猪苗代湖			猪苗代湖			猪苗代湖		
	高瀬川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m	高瀬川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m	高瀬川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m	高瀬川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m	高瀬川沖500m	小黒川沖500m	長瀬川沖500m	高瀬川沖500m	小黒川沖500m	
採取水深(m)	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	
調査年月日	H26.5.8			H26.6.4			H26.7.16			H26.8.6			H26.8.10			H26.10.1		
採水時間	10:40	10:25	10:10	12:10	11:55	11:30	11:10	10:25	9:55	11:10	10:55	10:35	10:10	9:30	10:55	10:35	10:05	
天候(前日)	晴れ			晴れ			晴れ			晴れ			晴れ			晴れ		
天候(当日)	晴れ			曇り			曇り			曇り			曇り			曇り		
気温(℃)	15.6	15.8	14.4	24.0	24.2	22.4	26.2	25.9	25.5	31.6	31.6	30.8	22.8	19.1	18.5	18.2	8.4	
水温(℃)	10.8	11.2	8.5	21.5	19.8	16.5	22.6	23.5	22.2	27.0	29.2	27.4	22.0	18.4	18.5	18.7	9.0	
水深(m)	1.6	1.8	1.5	1.4	0.9	1.5	1.5	1.2	0.8	2.1	0.6	2.6	2.0	0.9	0.7	0.3	4.2	
透明度(m)	全透	全透	全透	全透	全透	全透	全透	全透	全透	全透	全透	全透	全透	全透	全透	全透	全透	
水色(フオージェル)	13	11	6	12	8	14	13	14	6	12	14	8	14	13	13	8	13	
色相	無色	無色	無色	無色	無色	淡褐色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	褐色	
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	
濁り	透明	透明	透明	微濁	微濁	微濁	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	
	513.34			513.26			513.37			513.05			512.74			512.52		512.9

長瀬川沖500m地点は淡褐色の筋があり

小黒川沖660mで採水

調査地点	高瀬川			小黒川			高瀬川			小黒川			高瀬川			小黒川		
	新橋	梅の橋	小黒川	高瀬川	新橋	梅の橋	高瀬川	新橋	梅の橋	高瀬川	新橋	梅の橋	高瀬川	新橋	梅の橋	高瀬川	新橋	
採水位置	流心	流心	流心	流心	流心	流心	流心	流心	流心	流心	流心	流心	流心	流心	流心	流心	流心	
調査年月日	H26.5.8			H26.6.4			H26.7.16			H26.8.6			H26.8.10			H26.10.1		
採水時間	11:10	11:40	13:15	13:00	13:45	14:00	11:40	12:20	13:40	11:40	13:08	12:13	11:40	11:55	12:23	14:20	10:50	
天候(前日)	晴れ			晴れ			晴れ			晴れ			晴れ			晴れ		
天候(当日)	晴れ			曇り			曇り			曇り			曇り			曇り		
気温(℃)	22.5	19.0	18.8	25.0	25.0	27.0	30.5	28.5	27.5	34.8	33.2	33.5	23.0	21.0	20.5	20.1	11.0	
水温(℃)	15.2	18.1	13.8	21.2	22.8	17.7	19.4	21.5	20.0	23.7	23.6	26.5	19.0	22.5	21.2	15.6	18.2	
透明度(m)	>1	0.86	>1	0.85	0.95	0.89	>1	>1	0.59	>1	76.5	>1	>1	>1	>1	>1	>1	
流量(m <sup>3</sup> /sec)	0.74	次測	17.48	0.83	次測	55.65	2.57	次測	0.48	1.39	8.24	0.72	0.38	0.70	0.62	6.48	0.96	
色相	無色	淡褐色	無色	無色	無色	無色	淡褐色	無色	無色	淡褐色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	無色	
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	
濁り	透明	微濁	透明	微濁	微濁	透明	透明	微濁	微濁	微濁	微濁	微濁	微濁	微濁	微濁	微濁	微濁	
	放流8:00~11:40	15:50~22:20		放流8:00~20:20			放流8:00~20:20			放流10:00~18:00			放流12:10~20:15			放流16:45~20:30		放流14:50~21:30

放流があり、橋の上から流速を測定したため参考値



### 3 猪苗代湖全湖水面調査

#### 1 目的

猪苗代湖の大腸菌群数が湖沼A類型環境基準（1,000MPN/100ml）を超過する事例<sup>2)</sup>が見受けられることから、大腸菌群が多く検出される9月に全湖水面調査を行い、湖表層における大腸菌群の分布状況を把握する。

#### 2 調査方法

猪苗代湖表層の大腸菌群等の水質調査を行い、猪苗代湖の大腸菌群の検出場所を把握した。

#### 3 調査地点

調査地点は湖心を含む全52地点、図1のとおり。

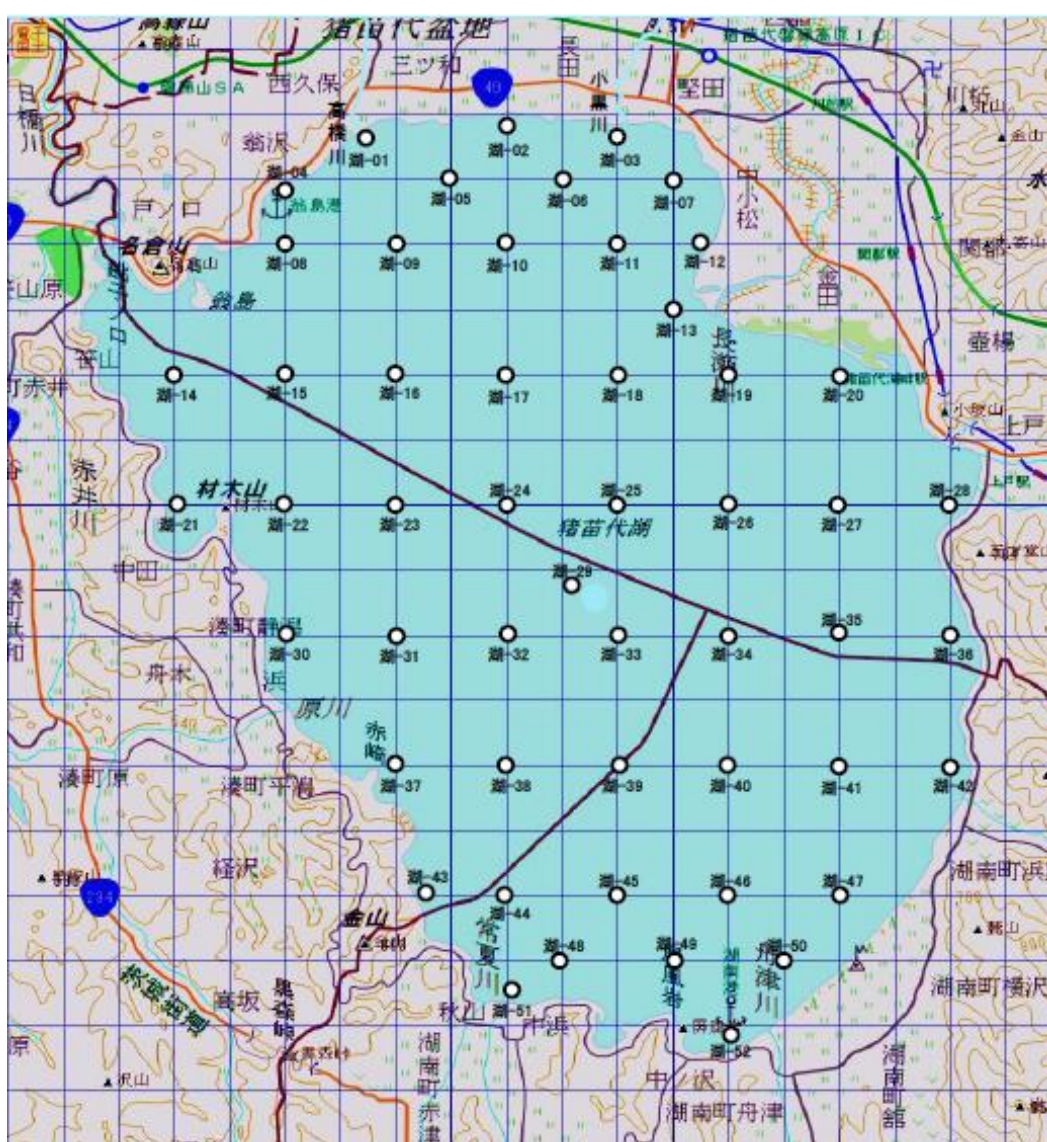


図1. 全湖水面調査調査地点

地点は平成20年9月11日に実施した「みんなで守る美しい猪苗代湖の水質一斉調査」<sup>1)</sup>の調査地点を参考に選定した。

#### 4 調査時期

9月3日、9月10日

#### 5 調査項目

気温、水温、色相、臭気、濁り、泡立ち、pH、EC、大腸菌群数、大腸菌数、TOC

#### 6 測定方法

- (1) pH：イオン電極法
- (2) EC：交流二極電流
- (3) 大腸菌群数、大腸菌数：コリラート培地によるQTトレイ法（アイテックスラボラトリーズ（株））
- (4) TOC：燃焼酸化－赤外線分析方式

#### 7 結果及び考察

現地調査結果については、別紙1、2のとおり。

分析結果については、別紙3のとおり。

##### (1) 猪苗代湖の水質について

###### ア 水温について

湖水の水温の分布図を図2に示す。

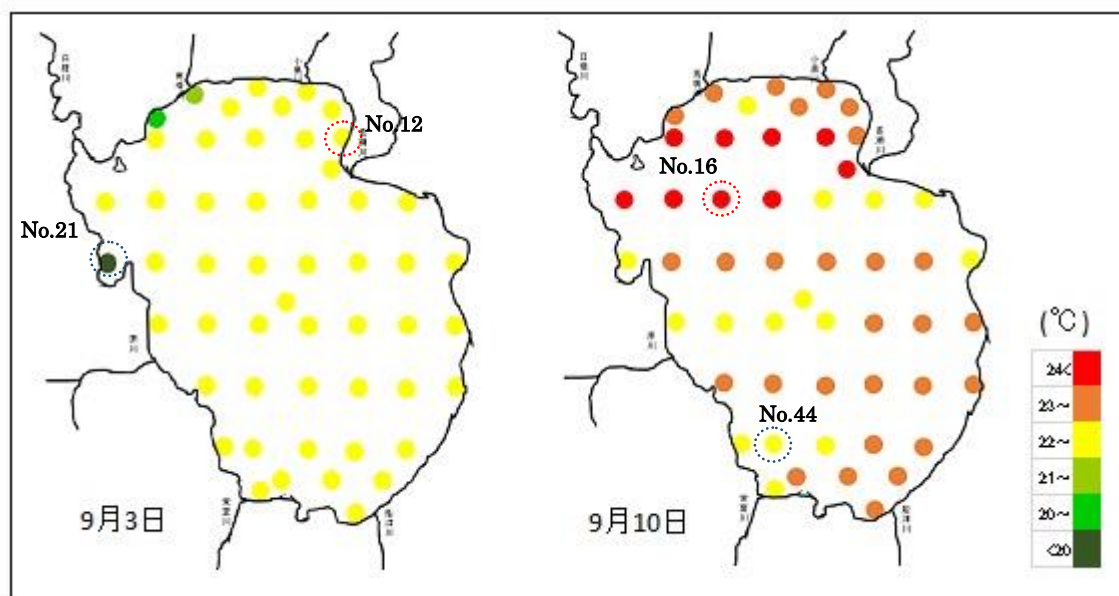


図2. 猪苗代湖の水温

9月3日の調査の水温の最大値は地点-12の22.9℃、最小値は地点-21の19.8℃、平均水温は22.4℃であった。9月10日の調査の水温の最大値は地点-16の25.0℃、最小値は地点-44の22.3℃、平均水温は23.2℃であった。

どの地点もほぼ20℃以上であり、年間の猪苗代湖湖心表層の水温としては高い値である。

イ 湖水の pH について

湖水の pH（水素イオン濃度指数）の分布図を図 3 に示す。

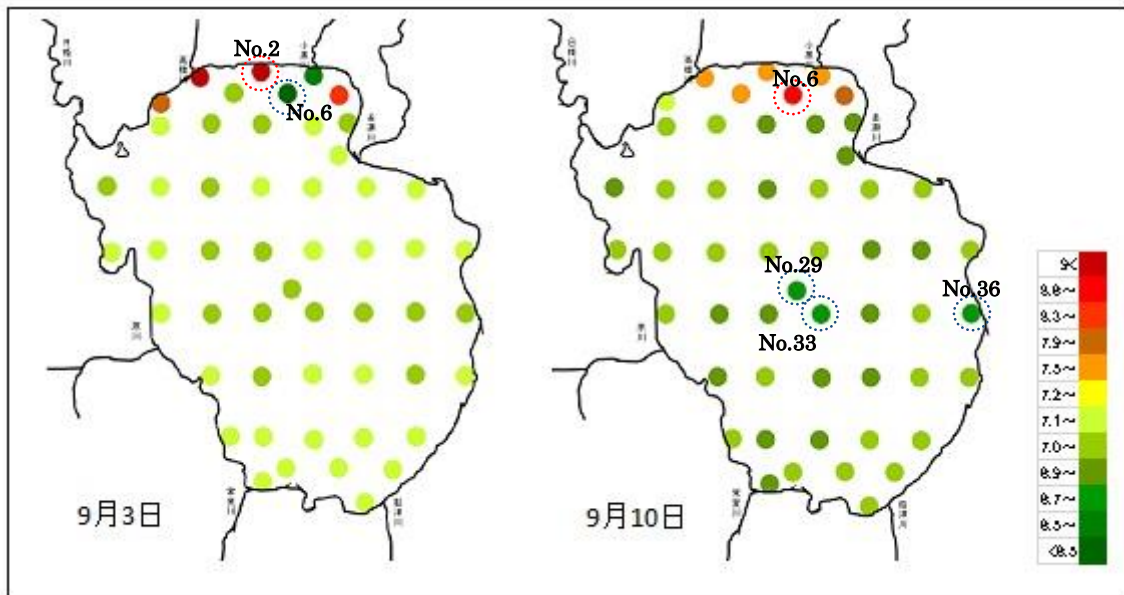


図 3. 猪苗代湖の pH

9 月 3 日の pH の最大値は地点-02 で 9.5、最小値は地点-06 で 6.1 であった。9 月 10 日の pH の最大値は地点-06 で 8.9、最小値は地点-29、33、36 で 6.8 であった。どの地点も pH7 以上の地点が多く、その中でも特に湖北部では pH が高い傾向にあった。

ウ 湖水の EC について

湖水の EC（電気伝導率）の分布図を図 4 に示す。

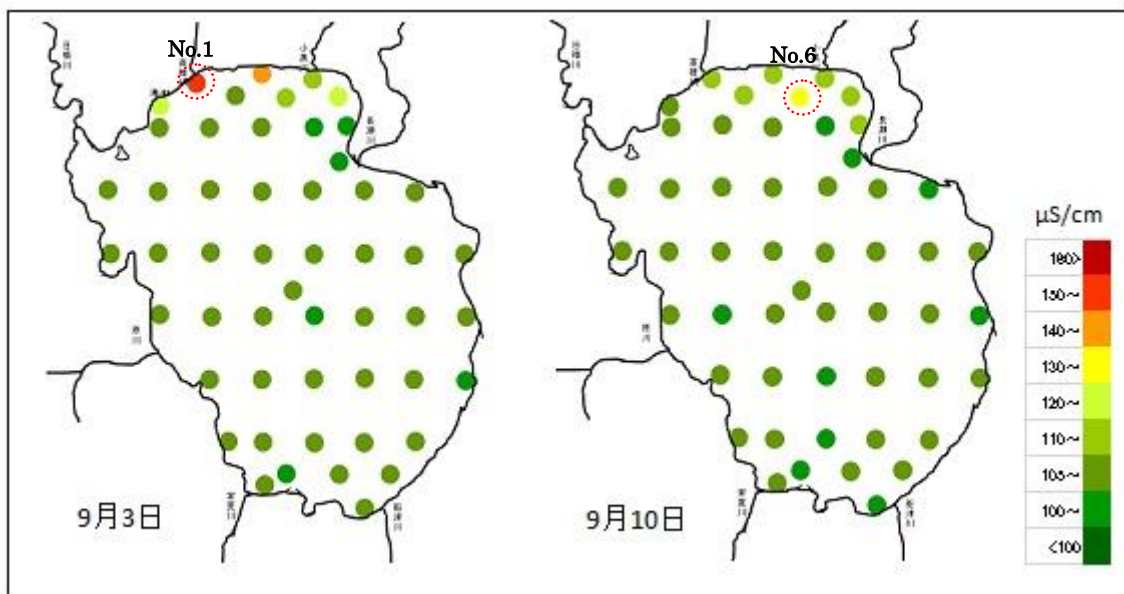


図 4. 猪苗代湖の EC

9 月 3 日の最大値は地点-01 の  $151 \mu\text{S/cm}$ 、9 月 10 日の最大値は地点-06 の  $132 \mu\text{S/cm}$  であった。どの地点も  $100 \mu\text{S/cm}$  以上あり、特に湖北部では EC が高い傾向にあった。



エ 湖水の TOC について

湖水の TOC（全有機体炭素）の分布図を図 5 に示す。

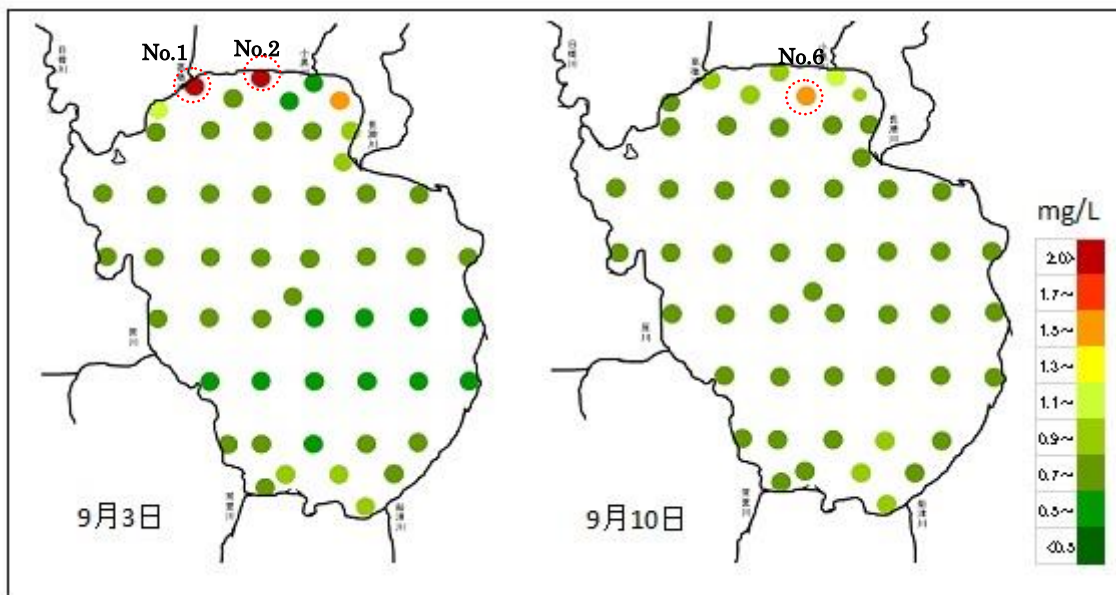


図 5. 猪苗代湖の TOC

9 月 3 日の最大値は地点-01、02 で 2.1mg/L、9 月 10 日の最大値は地点-06 で 1.5mg/L であった。ほとんどの地点で 0.5mg/L を上回っており、湖北部で高い傾向にあった。

オ 大腸菌群数及び大腸菌数について

湖水の大腸菌群数の分布図を図 6 に示す。

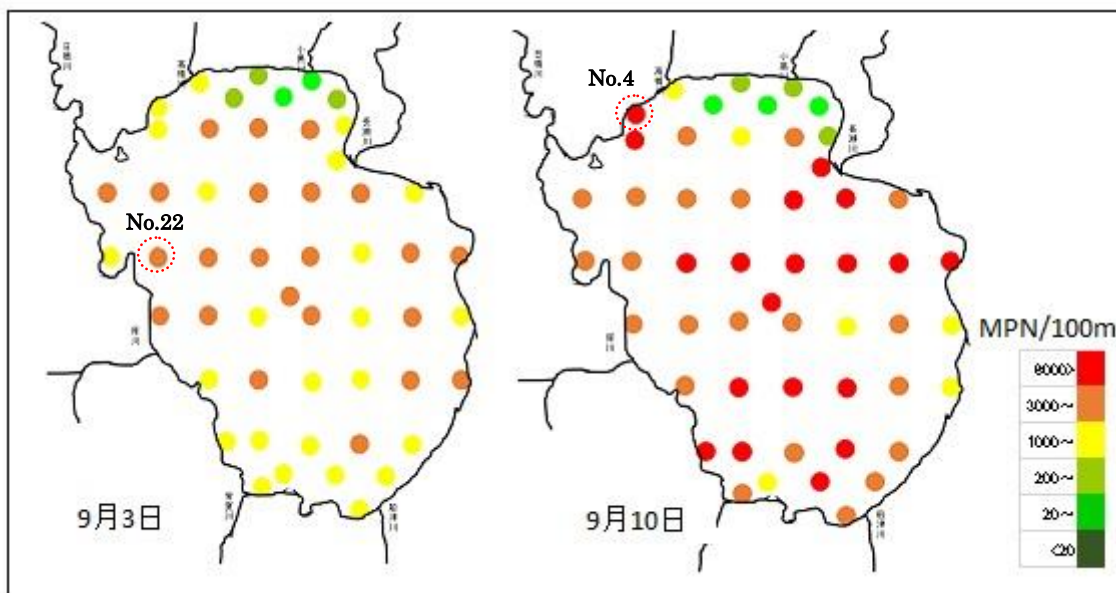


図 6. 猪苗代湖の大腸菌群数

9 月 3 日の大腸菌群数の最大値は地点-22 で 5400MPN/100ml、9 月 10 日の大腸菌群数の最大値は地点-04 で 17000MPN/100ml であった。1000PMN/100ml を超えた地点は 9 月 3 日では 47 か所、9 月 10 日では 46 か所と湖沼 A 類型環境基準（1,000MPN/100ml）を超過している

地点がほとんどであった。

次に大腸菌数の分布図を図 7 に示す。

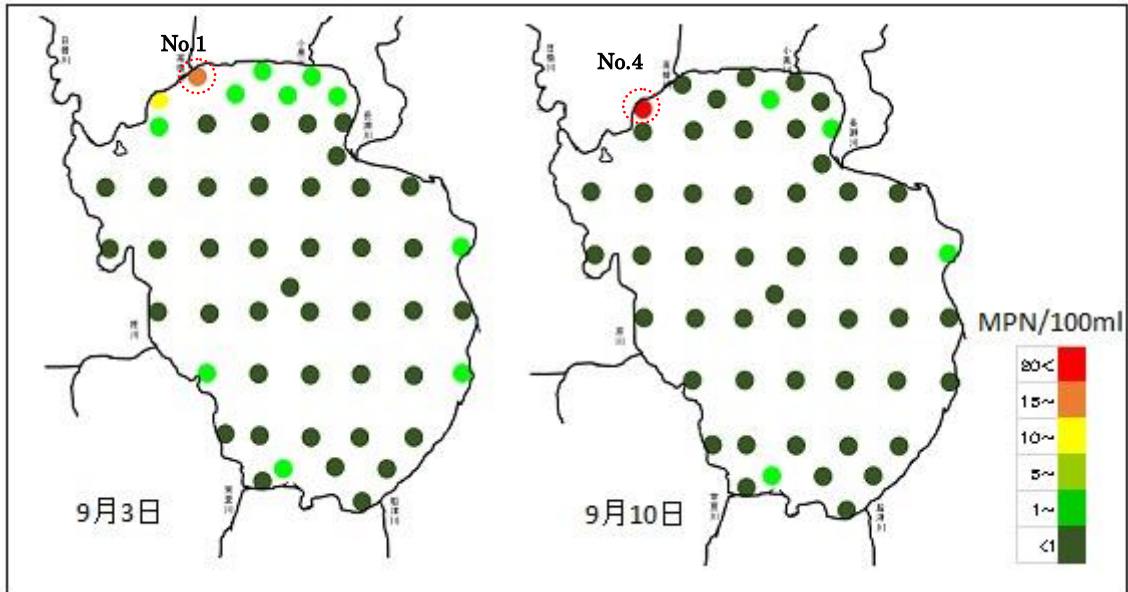


図 7. 猪苗代湖の大腸菌数

9月3日の大腸菌数の最大値は地点-01で16MPN/100ml、9月10日の大腸菌数の最大値は地点-04で130MPN/100mlであった。大腸菌は両日ともほとんどが未検出であった。大腸菌は湖北部で多く検出が確認された。

(2) 大腸菌群数及び水質調査項目の相関について

大腸菌群数とその他の測定項目、水温の相関を表 1 及び表 2 に示す。

全 52 地点においての水質調査項目間の相関をみると、pH と EC 間、pH と TOC 間及び EC と TOC 間において正の相関がみられた。大腸菌群数と測定項目、水温に相関は認められなかった。大腸菌はほとんどが未検出だったため有為な結果は得られなかった。

表 1. 猪苗代湖 52 地点 (9 月 3 日採水) における調査項目の相関関係

	大腸菌群数	pH	EC	TOC	水温(°C)
大腸菌群数	1				
pH	-0.25	1			
EC	-0.47	0.86	1		
TOC	-0.31	0.93	0.88	1	
水温(°C)	0.18	-0.27	0.33	-0.25	1

表 2. 猪苗代湖 52 地点 (9 月 10 日採水) における調査項目の相関関係

	大腸菌群数	pH	EC	TOC	水温(°C)
大腸菌群数	1				
pH	-0.34	1			
EC	-0.41	0.91	1		
TOC	-0.41	0.84	0.82	1	
水温(°C)	-0.09	-0.07	-0.07	-0.11	1

## 8 まとめ

- (1) 水質調査の結果、pH、EC、TOC はともに湖北部で高い傾向にあり、pH、EC、TOC の各項目間に相関が認められた。
- (2) 大腸菌群が多く検出される 9 月に猪苗代湖表層 52 地点の大腸菌群数を調べたが、湖沼 A 類型環境基準 (1000PMN/100ml) を超えた地点は 9 月 3 日では 47 か所、9 月 10 日では 46 か所であった。大腸菌は湖岸付近の数地点で検出されただけで、ほとんどの地点が未検出であった。
- (3) 大腸菌群は湖北部を除く水域で高く検出した。pH に関しては湖北部を除く大部分で pH が 7 付近であったため大腸菌群が生育しやすい pH であったと考えられる。また水温に関しては各地点での大腸菌群数との相関関係は認められなかったが、ほとんどの地点が 20℃を超えており今回全体的に大腸菌群数が高かった要因の一つであると考えられる。
- (4) 今回の調査では調査日が近かったためか、両日とも同じようなデータがとれたが、今後は調査日の間隔や調査月を変える等してデータを蓄積し、大腸菌群の出現状況等の検討を加えていきたい。

## 参考文献

- 1) みんなで守る美しい猪苗代湖の水環境フォーラム資料集 平成 21 年 1 月 7 日  
日本大学工学部 (学術フロンティア推進事業)
- 2) 平成 25 年度猪苗代湖調査研究事業等報告書 福島県環境センター



## 現地調査結果(9月3日)

地点No	北緯			東経			調査時刻	天気	気温(℃)	水温(℃)	色相(フォーレ ルーレ比色計 水色番号)	臭気	濁り	浮遊物の 有無	沈殿物の 有無	泡立ちの 有無	備考
	度	分	秒	度	分	秒											
海-01	37	31	47	140	3	43	9:33	曇り	20.5	21.5	6	無	無	無	無	無	高橋川河口付近
海-02	37	31	55	140	5	0	9:45	曇り	20.2	22.0	4	無	微濁	少有	無	無	三原形地先付近、水草が多い、深い
海-03	37	31	50	140	6	0	10:01	曇り	20.5	22.0	4	無	無	少有	無	無	小黒川河口付近、水草が多い、深い
海-04	37	31	21	140	3	0	9:13	曇り	21.0	20.9	5	無	無	無	無	無	長浜付近
海-05	37	31	30	140	4	30	10:50	曇り	20.5	22.5	5	無	無	無	無	無	
海-06	37	31	30	140	5	30	10:40	曇り	21.4	22.5	5	無	無	無	無	無	
海-07	37	31	30	140	6	30	10:27	曇り	21.0	22.5	5	無	無	少有	無	無	
海-08	37	31	0	140	3	0	10:59	曇り	20.5	22.5	4	無	無	無	無	少有	
海-09	37	31	0	140	4	0	11:09	曇り	19.6	22.5	4	無	無	無	無	無	
海-10	37	31	0	140	5	0	11:23	曇り	19.7	22.0	3	無	無	無	無	無	
海-11	37	31	0	140	6	0	11:30	曇り	19.8	22.5	4	無	無	無	無	無	
海-12	37	31	0	140	6	42	10:18	曇り	21.0	22.9	5	無	無	無	無	無	天神浜付近
海-13	37	30	30	140	6	30	11:39	曇り	19.9	22.5	4	無	無	無	無	無	
海-14	37	30	0	140	2	0	12:11	曇り	21.5	22.5	5	無	無	無	無	少有	
海-15	37	30	0	140	3	0	12:05	曇り	21.5	22.0	5	無	無	無	無	無	
海-16	37	30	0	140	4	0	11:59	曇り	21.5	22.5	5	無	無	無	無	少有	
海-17	37	30	0	140	5	0	11:53	曇り	21.3	22.5	5	無	無	無	無	無	
海-18	37	30	0	140	6	0	11:46	曇り	20.6	22.5	5	無	無	無	無	無	
海-19	37	30	0	140	7	0	9:36	曇り	20.0	22.4	6	無	無	無	無	少有	長瀬川河口付近
海-20	37	30	0	140	8	0	9:49	曇り	20.3	22.4	6	無	無	無	無	少有	
海-21	37	29	0	140	2	0	10:49	曇り	22.7	19.8	7	無	無	無	無	少有	中田浜付近
海-22	37	29	0	140	3	0	10:42	曇り	20.0	22.8	6	無	無	無	無	少有	材木山地先付近
海-23	37	29	0	140	4	0	10:35	曇り	19.7	22.5	6	無	無	無	無	少有	
海-24	37	29	0	140	5	0	10:30	曇り	19.8	22.4	6	無	無	無	無	少有	
海-25	37	29	0	140	6	0	10:19	曇り	20.0	22.5	7	無	無	無	無	少有	
海-26	37	29	0	140	7	0	10:13	曇り	19.0	22.5	6	無	無	無	無	少有	
海-27	37	29	0	140	8	0	10:05	曇り	19.2	22.5	5	無	無	無	無	少有	
海-28	37	29	0	140	9	0	9:59	曇り	19.5	22.3	6	無	無	無	無	無	五万堂山地先付近
海-29	37	28	20	140	5	36	10:25	曇り	19.5	22.5	5	無	無	無	無	少有	瀬心
海-30	37	28	0	140	3	0	11:05	曇り	19.3	22.7	6	無	無	無	無	少有	崎川浜付近
海-31	37	28	0	140	4	0	11:14	曇り	19.2	22.4	7	無	無	無	無	少有	
海-32	37	28	0	140	5	0	11:21	曇り	19.2	22.5	7	無	無	無	無	少有	
海-33	37	28	0	140	6	0	11:30	曇り	19.5	22.5	7	無	無	無	無	少有	
海-34	37	28	0	140	7	0	11:38	曇り	19.5	22.5	7	無	無	無	無	少有	
海-35	37	28	0	140	8	0	11:48	曇り	19.6	22.7	6	無	無	無	無	少有	
海-36	37	28	0	140	9	0	11:56	曇り	20.0	22.5	7	無	無	無	無	無	
海-37	37	27	0	140	4	0	11:02	曇り	20.3	22.5	6	無	無	無	無	少有	赤崎地先付近
海-38	37	27	0	140	5	0	10:56	曇り	22.0	22.5	5	無	無	無	無	少有	
海-39	37	27	0	140	6	0	10:51	曇り	20.7	22.7	5	無	無	無	無	少有	
海-40	37	27	0	140	7	0	10:46	曇り	21.2	22.4	5	無	無	無	無	少有	
海-41	37	27	0	140	8	0	10:40	曇り	20.8	22.5	5	無	無	無	無	少有	
海-42	37	26	45	140	9	0	10:34	曇り	20.1	22.3	6	無	無	無	無	無	大沢川河口付近
海-43	37	26	0	140	4	12	10:01	曇り	19.8	22.5	5	無	無	無	無	少有	小倉沢地先付近
海-44	37	26	0	140	5	0	10:07	曇り	19.5	22.1	5	無	無	無	無	少有	
海-45	37	26	0	140	6	0	10:14	曇り	19.8	22.0	5	無	無	無	無	少有	
海-46	37	26	0	140	7	0	10:21	曇り	19.7	22.5	5	無	無	無	無	少有	
海-47	37	26	0	140	8	0	10:28	曇り	20.2	22.4	5	無	無	無	無	少有	
海-48	37	25	30	140	5	30	9:48	曇り	20.0	22.8	4	無	無	無	無	少有	
海-49	37	25	30	140	6	30	9:42	曇り	21.1	22.6	5	無	無	無	無	無	
海-50	37	25	30	140	7	30	9:35	曇り	21.6	22.5	5	無	無	無	無	無	
海-51	37	25	15	140	5	0	9:54	曇り	21.6	22.6	5	無	無	無	無	少有	青松浜付近
海-52	37	24	53	140	7	0	8:55	曇り	21.2	22.5	6	無	無	無	無	無	舟津港付近

\*天候悪く波が高い、風も強い

現地調査結果(9月10日)

地点No	北緯			東経			調査時刻	天気	気温(℃)	水温(℃)	色相(フォーレ ルレー比色計 水色番号)	臭気	濁り	浮遊物の 有無	沈殿物の 有無	泡立ちの 有無	備考
	度	分	秒	度	分	秒											
海-01	37	31	47	140	3	43	9:26	晴れ	24.0	23.0	5	無	無	無	無	無	高橋川河口付近
海-02	37	31	55	140	5	0	9:47	晴れ	26.0	23.0	5	無	無	少有	無	無	三城形地先付近
海-03	37	31	50	140	6	0	10:13	晴れ	28.0	23.0	5	無	無	少有	無	無	小黒川河口付近
海-04	37	31	21	140	3	0	9:13	晴れ	28.0	23.0	5	無	無	無	無	無	長浜付近、水草が多い、浅い
海-05	37	31	30	140	4	30	9:37	晴れ	28.0	22.5	5	無	無	無	無	無	浅い
海-06	37	31	30	140	5	30	9:58	晴れ	26.5	23.0	6	無	無	無	無	無	浅い
海-07	37	31	30	140	6	30	10:20	晴れ	27.0	23.5	6	無	無	無	無	無	水草が多い、浅い
海-08	37	31	0	140	3	0	11:07	晴れ	28.0	24.5	7	無	無	無	無	無	
海-09	37	31	0	140	4	0	11:00	晴れ	27.0	24.5	6	無	無	無	無	無	
海-10	37	31	0	140	5	0	10:52	晴れ	28.0	24.5	6	無	無	少有	無	無	
海-11	37	31	0	140	6	0	10:44	晴れ	28.0	24.0	5	無	無	無	無	無	
海-12	37	31	0	140	6	42	10:30	晴れ	29.0	23.5	6	無	無	無	無	無	天神浜付近、水草が多い
海-13	37	30	30	140	6	30	9:34	曇り	21.8	24.6	6	無	無	無	無	無	長瀬川河口
海-14	37	30	0	140	2	0	11:17	晴れ	30.0	24.5	7	無	無	無	無	無	
海-15	37	30	0	140	3	0	11:24	晴れ	29.0	24.6	7	無	無	無	無	無	
海-16	37	30	0	140	4	0	11:32	晴れ	30.0	25.0	7	無	無	無	無	無	
海-17	37	30	0	140	5	0	11:39	晴れ	28.0	24.5	6	無	無	少有	無	無	
海-18	37	30	0	140	6	0	9:42	曇り	22.0	22.5	5	無	無	無	無	無	
海-19	37	30	0	140	7	0	9:48	曇り	21.8	22.6	5	無	無	無	無	極少有	長瀬川河口付近
海-20	37	30	0	140	8	0	9:56	曇り	22.0	22.6	5	無	無	無	無	無	
海-21	37	29	0	140	2	0	10:57	晴れ	23.8	22.5	6	無	無	無	無	少有	中田浜付近
海-22	37	29	0	140	3	0	10:49	晴れ	24.2	23.6	5	無	無	無	無	少有	材木山地先付近、水深5.4m
海-23	37	29	0	140	4	0	10:43	晴れ	24.5	23.0	5	無	無	無	無	少有	
海-24	37	29	0	140	5	0	10:36	晴れ	23.5	23.1	5	無	無	無	無	少有	
海-25	37	29	0	140	6	0	10:25	晴れ	23.0	23.0	5	無	無	無	無	多い	粘性質、泥、緑色のふわふわ多数
海-26	37	29	0	140	7	0	10:18	晴れ	23.5	23.6	6	無	無	無	無	無	
海-27	37	29	0	140	8	0	10:11	晴れ	23.0	23.0	6	無	無	無	無	無	
海-28	37	29	0	140	9	0	10:04	晴れ	21.8	22.4	5	無	無	無	無	無	五万堂山地先付近
海-29	37	28	20	140	5	36	9:20	晴れ	23.7	22.6	8	無	無	無	無	少有	湖心
海-30	37	28	0	140	3	0	11:07	晴れ	22.5	22.6	5	無	無	無	無	少有	駒川浜付近
海-31	37	28	0	140	4	0	10:18	晴れ	22.5	22.6	5	無	無	無	無	少有	
海-32	37	28	0	140	5	0	10:24	晴れ	22.9	22.5	5	無	無	無	無	少有	
海-33	37	28	0	140	6	0	11:30	晴れ	23.8	22.4	5	無	無	無	無	無	
海-34	37	28	0	140	7	0	11:36	晴れ	25.0	23.0	6	無	無	無	無	多い	
海-35	37	28	0	140	8	0	11:42	晴れ	23.2	23.5	6	無	無	無	無	少有	池の筋有り
海-36	37	28	0	140	9	0	11:48	晴れ	23.7	23.5	6	無	無	無	無	無	
海-37	37	27	0	140	4	0	11:05	晴れ	22.0	23.1	5	無	無	無	無	無	赤崎地先付近、微風
海-38	37	27	0	140	5	0	10:57	晴れ	22.4	23.1	5	無	無	無	無	無	
海-39	37	27	0	140	6	0	10:50	晴れ	22.0	23.1	5	無	無	無	無	少有	
海-40	37	27	0	140	7	0	10:43	晴れ	21.6	23.0	5	無	無	無	無	少有	
海-41	37	27	0	140	8	0	10:36	晴れ	21.5	23.1	5	無	無	無	無	無	
海-42	37	26	45	140	9	0	10:28	晴れ	21.2	23.6	6	無	無	無	無	少有	大沢川河口付近
海-43	37	26	0	140	4	12	9:52	晴れ	20.2	22.8	4	無	無	無	無	無	小倉沢地先付近、微風
海-44	37	26	0	140	5	0	9:58	晴れ	21.4	22.3	4	無	無	無	無	無	微風
海-45	37	26	0	140	6	0	10:05	晴れ	21.2	22.6	5	無	無	無	無	少有	微風
海-46	37	26	0	140	7	0	10:12	晴れ	20.7	23.1	5	無	無	無	無	少有	
海-47	37	26	0	140	8	0	10:20	晴れ	21.3	23.1	5	無	無	無	無	無	
海-48	37	25	30	140	5	30	9:37	晴れ	20.5	23.0	5	無	無	無	無	無	
海-49	37	25	30	140	6	30	9:30	晴れ	20.5	23.2	5	無	無	無	無	無	微風、波なく穏やか
海-50	37	25	30	140	7	30	9:24	晴れ	21.5	23.2	5	無	無	無	無	無	微風、波なく穏やか
海-51	37	25	15	140	5	0	9:43	曇り	21.5	22.8	6	無	無	無	無	無	豊松浜付近、微風、波なく穏やか
海-52	37	24	53	140	7	0	8:59	晴れ	23.1	23.6	6	無	無	無	無	無	舟津港付近、埠頭で採水

\*全体的に波がなく、水量も少ない

## 全湖水面調査分析結果

9月3日(水)

地点No	大腸菌群数	大腸菌数	pH	EC	T00	気温(℃)	水温(℃)
	MMO-MUG培地	MMO-MUG培地	JIS K 0102 12.1(ガラス電 極法)	JIS K 0102 13	JIS K 0102 22		
単位	MPN/100ml	MPN/100ml		μS/cm	mg/l		
下限値	0	0		1	0.5		
湖-01	1,800	16	9.04	151	2.1	20.5	21.5
湖-02	200	3	9.54	147	2.1	20.2	22.0
湖-03	120	3	6.64	116	0.6	20.5	22.0
湖-04	1,900	13	7.67	120	1.1	21.0	20.9
湖-05	210	1	7.05	108	0.7	20.5	22.5
湖-06	12	1	6.18	114	0.5	21.4	22.5
湖-07	230	2	8.38	128	1.6	21.0	22.5
湖-08	1,400	3	7.18	108	0.7	20.5	22.5
湖-09	3,800	<1	7.08	105	0.7	19.6	22.5
湖-10	3,400	<1	7.03	105	0.7	19.7	22.0
湖-11	3,200	<1	7.11	104	0.8	19.8	22.5
湖-12	2,400	<1	7.08	103	1.0	21.0	22.9
湖-13	2,900	<1	7.12	104	1.0	19.9	22.5
湖-14	3,800	<1	7.08	106	0.8	21.5	22.5
湖-15	3,800	<1	7.10	105	0.7	21.5	22.0
湖-16	2,400	<1	7.06	105	0.7	21.5	22.5
湖-17	3,200	<1	7.12	105	0.7	21.3	22.5
湖-18	3,400	<1	7.12	105	0.7	20.6	22.5
湖-19	3,200	<1	7.14	106	0.7	20.0	22.4
湖-20	2,400	<1	7.14	106	0.7	20.3	22.4
湖-21	2,300	<1	7.16	106	0.8	22.7	19.8
湖-22	5,400	<1	7.12	106	0.8	20.0	22.8
湖-23	4,800	<1	7.09	106	0.8	19.7	22.5
湖-24	4,300	<1	7.05	106	0.7	19.8	22.4
湖-25	3,800	<1	7.12	105	0.7	20.0	22.5
湖-26	3,000	<1	7.11	106	0.7	19.0	22.5
湖-27	3,800	<1	7.12	105	0.7	19.2	22.5
湖-28	3,400	1	7.14	105	0.7	19.5	22.3
湖-29	4,100	<1	7.08	106	0.7	19.5	22.5
湖-30	3,200	<1	7.11	105	0.7	19.3	22.7
湖-31	3,600	<1	7.07	105	0.7	19.2	22.4
湖-32	2,600	<1	7.06	106	0.7	19.2	22.5
湖-33	3,400	<1	7.08	104	0.6	19.5	22.5
湖-34	2,100	<1	7.06	105	0.6	19.5	22.5
湖-35	3,200	<1	7.08	105	0.6	19.6	22.7
湖-36	2,800	<1	7.06	106	0.6	20.0	22.5
湖-37	1,500	1	7.11	106	0.6	20.3	22.5
湖-38	4,100	<1	7.07	105	0.6	22.0	22.5
湖-39	2,000	<1	7.10	106	0.6	20.7	22.7
湖-40	1,800	<1	7.12	105	0.6	21.2	22.4
湖-41	3,800	<1	7.09	106	0.6	20.8	22.5
湖-42	3,200	1	7.11	104	0.6	20.1	22.3
湖-43	1,700	<1	7.11	107	0.6	19.8	22.5
湖-44	2,200	<1	7.1	106	0.6	19.5	22.1
湖-45	1,900	<1	7.12	105	0.6	19.8	22.0
湖-46	3,400	<1	7.12	105	0.7	19.7	22.5
湖-47	2,600	<1	7.14	106	0.8	20.2	22.4
湖-48	2,700	1	7.12	104	0.9	20.0	22.8
湖-49	2,300	<1	7.12	105	0.9	21.1	22.6
湖-50	1,800	<1	7.13	106	0.8	21.6	22.5
湖-51	2,000	<1	7.10	105	0.8	21.6	22.6
湖-52	1,900	<1	7.10	106	0.9	21.2	22.5

9月10日(水)

地点No	大腸菌群数	大腸菌数	pH	EC	T00	気温(℃)	水温(℃)
	MMO-MUG培地	MMO-MUG培地	JIS K 0102 12.1(ガラス電 極法)	JIS K 0102 13	JIS K 0102 22		
単位	MPN/100ml	MPN/100ml		μS/cm	mg/l		
下限値	0	0		1	0.5		
湖-01	1,000	<1	7.36	114	0.9	24.0	23.0
湖-02	270	<1	7.35	113	1.0	26.0	23.0
湖-03	240	<1	7.41	112	1.1	28.0	23.0
湖-04	17,000	130	7.16	106	0.7	28.0	23.0
湖-05	110	<1	7.34	112	1.0	28.0	22.5
湖-06	180	1	8.91	132	1.5	26.5	23.0
湖-07	150	<1	7.77	110	0.9	27.0	23.5
湖-08	8,100	<1	7.04	107	0.7	28.0	24.5
湖-09	3,800	<1	7.03	105	0.7	27.0	24.5
湖-10	1,300	<1	6.94	106	0.7	28.0	24.5
湖-11	3,200	<1	6.92	104	0.7	28.0	24.0
湖-12	220	2	6.97	110	0.7	29.0	23.5
湖-13	8,600	<1	6.95	104	0.7	21.8	24.6
湖-14	3,800	<1	6.90	106	0.7	30.0	24.5
湖-15	5,400	<1	7.01	106	0.7	29.0	24.6
湖-16	5,100	<1	7.03	105	0.8	30.0	25.0
湖-17	5,700	<1	6.93	106	0.8	28.0	24.5
湖-18	7,700	<1	7.00	105	0.7	22.0	22.5
湖-19	7,700	<1	7.02	106	0.7	21.8	22.6
湖-20	4,800	<1	7.00	104	0.7	22.0	22.6
湖-21	3,200	<1	7.02	106	0.7	23.8	22.5
湖-22	5,100	<1	7.01	105	0.7	24.2	23.6
湖-23	6,800	<1	7.03	105	0.7	24.5	23.0
湖-24	7,200	<1	7.06	105	0.7	23.5	23.1
湖-25	7,200	<1	7.00	105	0.8	23.0	23.0
湖-26	8,100	<1	6.99	106	0.7	23.5	23.6
湖-27	9,800	<1	6.93	105	0.7	23.0	23.0
湖-28	7,200	1	7.00	105	0.8	21.8	22.4
湖-29	7,200	<1	6.88	105	0.7	23.7	22.6
湖-30	3,200	<1	7.00	105	0.8	22.5	22.6
湖-31	5,400	<1	6.99	104	0.7	22.5	22.6
湖-32	4,100	<1	6.99	106	0.7	22.9	22.5
湖-33	3,600	<1	6.84	106	0.8	23.8	22.4
湖-34	2,300	<1	6.92	106	0.7	25.0	23.0
湖-35	3,800	<1	7.02	107	0.7	23.2	23.5
湖-36	2,900	<1	6.89	104	0.7	23.7	23.5
湖-37	5,400	<1	6.98	105	0.7	22.0	23.1
湖-38	9,200	<1	7.00	105	0.7	22.4	23.1
湖-39	5,700	<1	6.97	104	0.7	22.0	23.1
湖-40	9,800	<1	6.92	105	0.7	21.6	23.0
湖-41	3,600	<1	7.01	109	0.8	21.5	23.1
湖-42	1,500	<1	7.03	105	0.8	21.2	23.6
湖-43	8,600	<1	7.02	105	0.8	20.2	22.8
湖-44	12,000	<1	6.99	106	0.7	21.4	22.3
湖-45	4,600	<1	6.95	103	0.7	21.2	22.6
湖-46	9,800	<1	7.04	105	0.9	20.7	23.1
湖-47	3,200	<1	7.07	105	0.8	21.3	23.1
湖-48	1,500	1.0	7.08	104	0.8	20.5	23.0
湖-49	7,700	<1	7.02	105	0.9	20.5	23.2
湖-50	4,300	<1	7.00	105	0.8	21.5	23.2
湖-51	4,800	<1	6.99	105	0.8	21.5	22.8
湖-52	4,100	<1	7.06	104	1.0	23.1	23.6

○大腸菌(群)の試験に用いた試薬は、MMO-MUG培地はアスカ純薬種のコレラート「アスカ」QTトレイを使用。



## 4 湖沼における難分解性有機物調査

### 1 目的

湖沼の環境基準未達成の要因の一つと考えられる難分解性有機物について、猪苗代湖及び猪苗代湖への流入河川の実態を把握することにより水環境保全対策に資することを目的とする。

### 2 調査方法

猪苗代湖及び猪苗代湖への流入河川の溶存態及び懸濁態の有機物量等を調査する。また、生分解試験を行い難分解性有機物の存在状況を把握し、有機物による汚濁の現状を検討した。

### 3 調査地点

調査地点は図1のとおり。

- (1) 猪苗代湖湖心（表層）
- (2) 高橋川（新橋）
- (3) 小黒川（梅の橋）
- (4) 長瀬川（小金橋）
- (5) 猪苗代湖高橋川沖500m（以下「高橋川沖500m」）
- (6) 猪苗代湖小黒川沖500m（以下「小黒川沖500m」）
- (7) 猪苗代湖長瀬川沖500m（以下「長瀬川沖500m」）

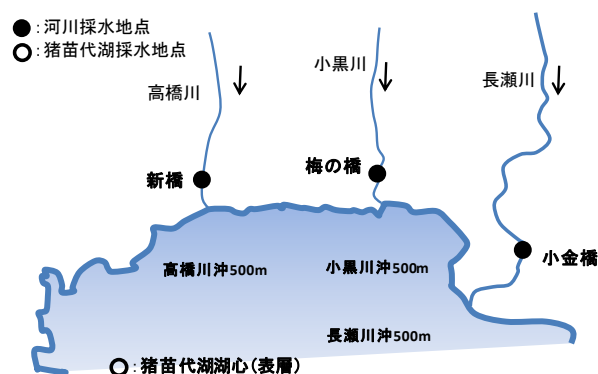


図1 調査地点

### 4 調査時期

平成26年9月10日

### 5 調査項目

- (1) 気温、水温、透明度（透視度）、色相、臭気、濁り
- (2) pH、EC、BOD、COD、溶存態COD（D-COD）、TOC、溶存態TOC（DOC）、SS、T-N、溶存態全窒素（DTN）、NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NH<sub>4</sub>-N、T-P、溶存態全リン（DTP）、PO<sub>4</sub>-P、一般細菌数、紫外外部吸光度（UV260）、クロロフィルa
- (3) 難分解性有機物に関する報告書（案）（平成23年3月環境省水・大気環境局水環境課）に基づき、表1の条件で生分解試験を行った。

なお、100日生分解後に残存した成分を難分解性成分とした。

表1 生分解試験の条件等

試料量	1000ml
分解期間	30日及び100日
容器等	ガラス製容器 蓋シリコ栓
温度、光条件	20℃、暗
植種、希釈の有無	無
酸素供給	攪拌
分析項目	pH、EC、TOC、DOC、紫外外部吸光度（UV260）

## 6 測定方法

- (1) pH：イオン電極法
- (2) EC：交流二電極法
- (3) BOD：よう素滴定法
- (4) COD：100℃における過マンガン酸カリウム分解測定法
- (5) D-COD：ろ過後、100℃における過マンガン酸カリウム分解測定法で測定
- (6) 懸濁態 COD (P-COD)：COD－(D-COD) で算出
- (7) TOC：燃焼酸化－赤外線分析方式
- (8) 溶存態 TOC (DOC)：ろ過後、燃焼酸化－赤外吸収式 TOC 自動計測法で測定
- (9) 懸濁態 TOC (POC)：TOC－DOC で算出
- (10) T-N、T-P、PO<sub>4</sub>-P：分光光度法
- (11) 溶存態 T-N (T-N)、溶存態 (T-P) DTP：ろ過後、分光光度法で測定
- (12) 懸濁態 T-N (PTN)：T-N－DTN で算出
- (13) 懸濁態 T-P (PTP)：T-P－DTP で算出
- (14) NO<sub>3</sub>-N、NO<sub>2</sub>-N、NH<sub>4</sub>-N：イオンクロマトグラフ法
- (15) SS：重量法
- (16) 一般細菌数：標準寒天培地による平板法
- (17) UV260：波長 260nm の紫外部吸光度
- (18) クロロフィル a：分光光度法

\*溶存態成分のろ過は 450℃で約 3 時間加熱後の WhatmanGF/B ろ紙 (Poresize 約 1.0 μm) を使用してろ過した。

## 7 結果及び考察

現地調査結果は、別紙 1 のとおり。

分析結果は、別紙 2 のとおり。

- (1) 猪苗代湖及び各河川における BOD、COD 及び TOC の月別変化について

各湖沼等における BOD、COD 及び TOC の調査結果を図 2 に示す。図において、BOD の定量下限値は、0.5mg/L であるが定量下限値未満の検体については 0mg/L の位置にプロットした。

一般的に BOD として測定される有機物は微生物により分解されやすい有機物 (易分解性有機物) であり、COD として測定される有機物は、酸化剤により分解させることから微生物に分解されにくい有機物 (難分解性有機物) を含んだ有機物となる。また、TOC は、実質的な全有機炭素量を測定しているため、有機物の種類により差がでない指標である。

猪苗代湖表層の有機物指標は BOD が 0.9mg/L、COD が 1.1mg/L、TOC が 0.79mg/L と低い値であった。酸性河川である長瀬川小金橋の有機物量は、すべての項目で猪苗代湖湖心より低く、長瀬川沖 500m になると、BOD を除き猪苗代湖湖心より高い値であった。汚濁負荷量の大きい小黒川の梅の橋は BOD が 1.1mg/L、COD が 2.9mg/L、TOC が 1.89mg/L と高い値であり、小黒川沖 500m になると BOD、COD、TOC とも小黒川梅の橋の約 1.5 倍とさらに高い値であった。この時の小黒川沖 500m は、水深 0.9m と浅くコカナダモやセキシヨモが繁茂しており、pH も 9.1 と高く炭酸同化作用が活発な状況であったことにより各有機物指標が高い値になったと推測された。高橋川新橋は小黒川梅の橋より有機物量は低く、BOD が 0.8mg/L、COD が 2.1mg/L、TOC が 1.15mg/L

であり、猪苗代湖高橋川沖 500m になると若干低い値となっていたが、BOD は増加していた。また高橋川新橋の SS (4mg/L) が、他の地点と比較して高く、COD に占める P-COD 割合及び TOC に占める POC 割合が高かった。

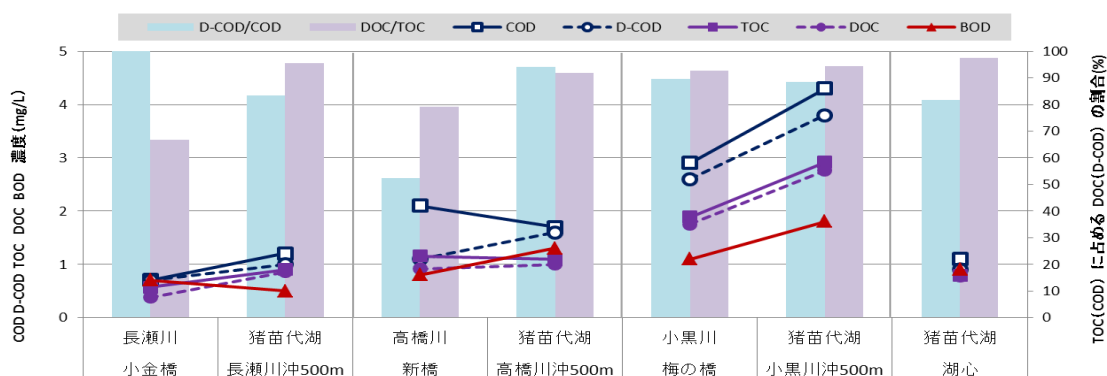


図2 猪苗代湖及び各河川における BOD 等の変化

(2) 猪苗代湖及び各河川における窒素及びリンの月別変化について

各地点における T-N 及び T-P 等の調査結果を図 3、4 及び表 2 に示す。図において、T-N、NO<sub>3</sub>-N、NH<sub>4</sub>-N の定量下限値は 0.05mg/L、TP、PO<sub>4</sub>-P の定量下限値は 0.003mg/L であるが定量下限値未満の検体については 0mg/L の位置にプロットした。

猪苗代湖内の T-N は、小黒川沖 500m 以外の地点は 0.20mg/L 程度の値を示し、その内の 30～50%は NO<sub>3</sub>-N が占めていた。小黒川沖 500m の T-N は 0.33mg/L と、他の猪苗代湖内の地点より高い値であったが、NO<sub>3</sub>-N は検出下限値未満、他の地点で検出されていない NH<sub>4</sub>-N は 0.09mg/L と高い値であった。このことから、植物プランクトンの増殖等が活発であったことが推測された。

T-P は、高橋川沖 500m で 0.003mg/L、小黒川沖 500m で 0.024mg/L 検出されている以外は、検出下限値未満であった。PO<sub>4</sub>-P も、小黒川沖 500m のみ 0.015mg/L と検出されており、猪苗代湖内の他の地点と比較して、小黒川沖 500m の水質が異なっていた。T-P が 0.003mg/L であったと仮定して N:P 比 (重量比) を計算した結果、すべての地点で 10 以上となり、リンが植物プランクトンの増殖の制限因子となっていた<sup>1)</sup>。

各河川の T-N は、長瀬川小金橋は、猪苗代湖内に近い値であったが、高橋川新橋が 0.64mg/L、小黒川梅の橋は 0.77 mg/L と高い値を示し、T-P も同様な傾向であったが、特に小黒川梅の橋が 0.14 mg/L と高く、小黒川からの T-P の負荷が多いことがわかった。

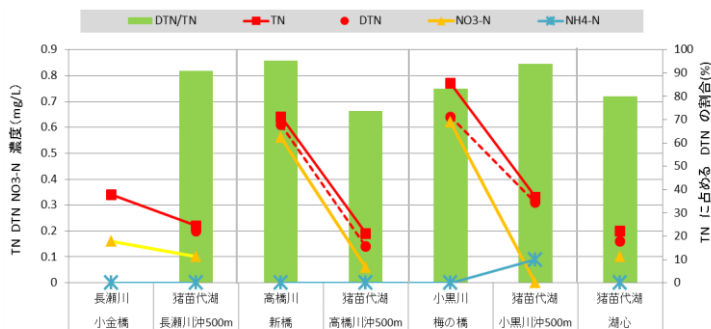


図3 猪苗代湖及び各河川における T-N 等の変化

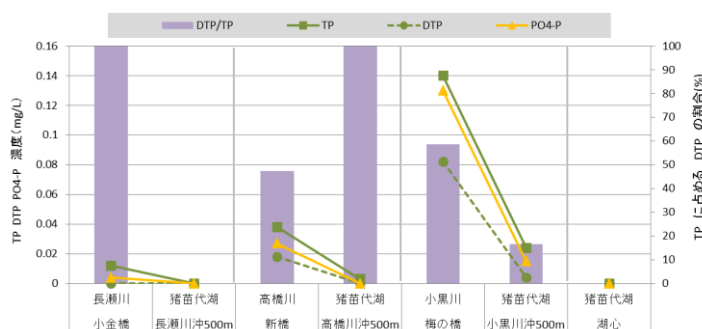


図4 猪苗代湖及び各河川における T-P 等の変化

表2 猪苗代湖における N:P 比 (重量比)

調査地点	猪苗代湖			
採水地点	湖心	長瀬川沖500m	高橋川沖500m	小黒川沖500m
N:P比	67	73	63	14

\*猪苗代湖湖心及び長瀬川沖500mについてはT-Pが0.003mg/L未満であったため、0.003mg/Lと仮定して計算した。

(3) 猪苗代湖及び各河川における UV260/DOC 比について

各地点における UV260/DOC 比の調査結果を図5に示す。

猪苗代湖湖心及び長瀬川沖500mのUV260/DOC比は、9及び8[(mABS/cm)/(mg/L)]であり、湖水の内部生産有機物由来が多いことを示す値(12[(mABS/cm)/(mg/L)])<sup>2)</sup>に近かった。高橋川沖500m及び小黒川沖500mでは、16及び29[(mABS/cm)/(mg/L)]となり、土壌由来である外来性有機物を多く含むと考えられる値(23~58[(mABS/cm)/(mg/L)])<sup>2)</sup>の低値よりの値であった。長瀬川小金橋、高橋川新橋及び小黒川梅の橋のUV260/DOC比は、43、30及び50[(mABS/cm)/(mg/L)]と猪苗代湖内よりさらに高い値であった。このことは、発生源が生活雑排水(10[(mABS/cm)/(mg/L)])<sup>3)</sup>ではなく、土壌由来の影響を強く受けている可能性が示唆された。

長瀬川小金橋、高橋川新橋及び小黒川梅の橋のUV260/DOC比は、43、30及び50[(mABS/cm)/(mg/L)]と猪苗代湖内よりさらに高い値であった。このことは、発生源が生活雑排水(10[(mABS/cm)/(mg/L)])<sup>3)</sup>ではなく、土壌由来の影響を強く受けている可能性が示唆された。

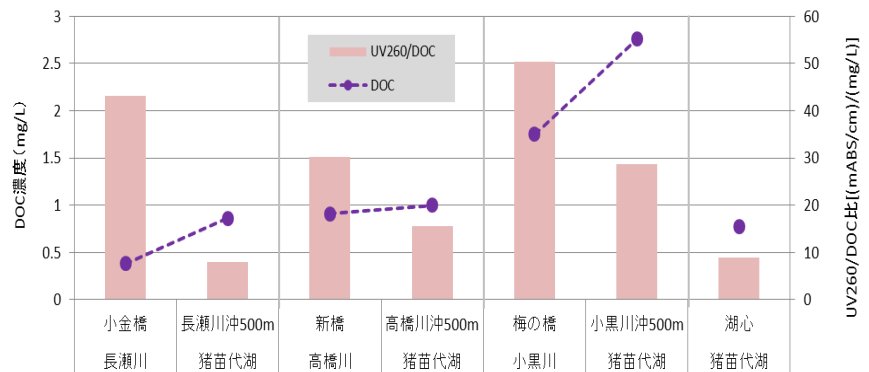


図5 猪苗代湖及び各河川における UV260/DOC 比及び DOC の変化

(4) 生分解試験結果について

ア 難分解性有機物について

生分解試験の TOC 等の調査結果を図6に示す。

難分解性有機物について難分解性 TOC 及び難分解性 DOC を用い検討を行った。猪苗代湖は、平均滞留時間が約3.7年と長い100日後の生分解試験と、30日間の生分解試験も行き、易分解性有機物の分解にかかる時間経過についても検討した。

小黒川沖500mを除く猪苗代湖内の難分解性 TOC は0.56~0.61mg/L、難分解性 DOC は0.53~0.59mg/Lであった。難分解性 TOC と難分解性 DOC の値はほぼ変わらず、難分解性 TOC のほぼ100%近くが溶存態であった。小黒川沖500mの難分解性 TOC は1.67mg/L、難分解性 DOC は1.62mg/Lであり、他の猪苗代湖内の地点より高い値を示した。また、猪苗代湖内の地点は、30日生分解後に易分解性成分の74~83%が分解していたことがわかった。

長瀬川小金橋の難分解性 TOC は0.31mg/L、難分解性 DOC は0.16mg/L、高橋川新橋の難分解性 TOC は0.71mg/L、難分解性 DOC は0.62mg/L、小黒川梅の橋の難分解性 TOC は1.25mg/L、難分解性 DOC は1.20mg/Lであった。長瀬川小金橋では、猪苗代湖心より難分解性成分が低い値であったが、難分解性 TOC に占める難分解性 POC の割合が48%と高かった。高橋川新橋の難分

解性成分は、猪苗代湖湖心よりわずかに高い値、小黑川梅の橋の難分解成分は、猪苗代湖湖心よりは高いが、小黑川沖 500mよりは低い値であった。また、各河川の生分解の速度は、30 日生分解後と 100 日生分解後に残存した難分解性有機物の値がほとんど変わらないことから、生分解の速度が速かった。

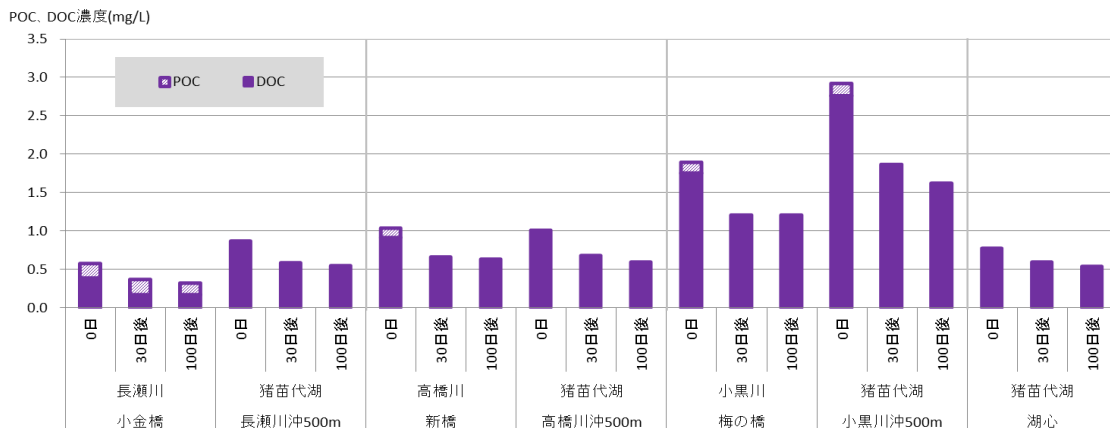


図 6 猪苗代湖及び各河川における生分解試験における DOC 等の変化

#### イ 生分解後の UV260/DOC 比について

生分解試験の UV260/DOC 比の調査結果を図 7 に示す。

長瀬川小金橋及び小黑川梅の橋以外の地点の 100 日生分解後の UV260/DOC 比は、生分解前の値と比較してほとんど変化がみられなかった。長瀬川小金橋及び小黑川梅の橋の UV260/DOC 比の生分解前と 100 日生分解後の値は、それぞれ、43 から 11 [(mABS/cm)/(mg/L)]、50 から 30 [(mABS/cm)/(mg/L)]と大きく減少していた。このことは、分母である DOC 濃度の低下はみられるが、分子である DOC 中に含まれる難分解性有機物も分解され UV260 の値は大きく低下しているため、UV260/DOC 比が低下していたと考えられる。

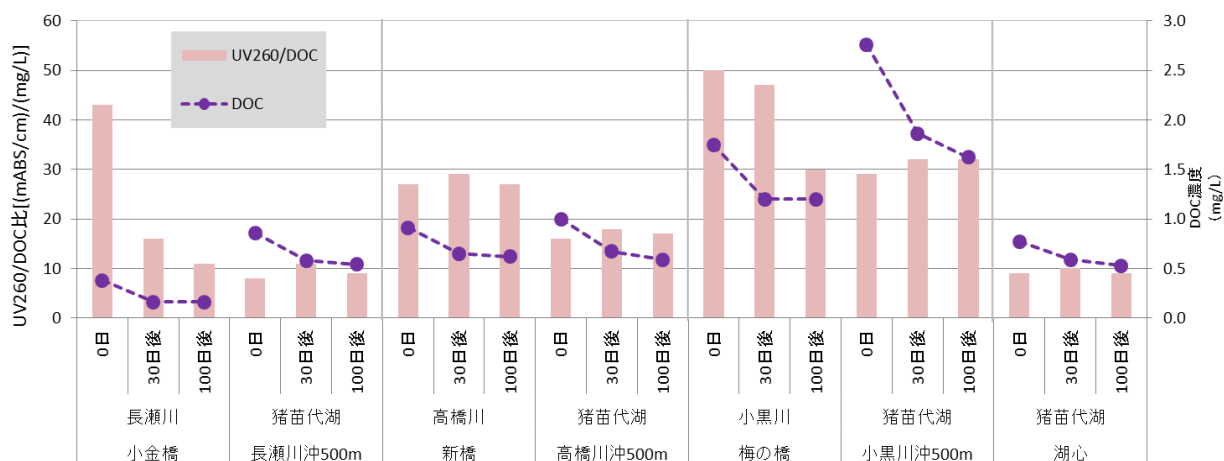


図 7 猪苗代湖及び各河川における生分解試験における UV260/DOC 等の変化



## 8 まとめ

- (1) 小黒川沖 500m 以外の猪苗代湖内の地点では、BOD、COD 及び TOC とも低い値であった。小黒川沖 500m は、有機物指標の値が高く、T-N 及び T-P も高い値を示した。湖水の有機物特性は内部生産性有機物の寄与が大きいと考えられる値であったが、高橋川沖 500m 及び小黒川沖 500m では、土壌由来である外来性有機物を多く含むと考えられる値の低値よりの値であった。
- (2) 酸性河川である長瀬川小金橋の有機物指標の値は猪苗代湖湖心より低く、高橋川新橋及び小黒川梅の橋は高い傾向にあるが、これら三河川の有機物特性はいずれも生活雑排水とは異なり、田畑、森林等土壌に由来する可能性が示唆された。
- (3) 小黒川沖 500m 以外の猪苗代湖内の地点の難分解性 TOC は 0.56~0.61mg/L の低い値を示したが、小黒川沖 500m ではその 3 倍程の高い値であった。難分解性 TOC の 100% 近くが溶存態であった。長瀬川小金橋の難分解性成分は、猪苗代湖内より低い値であったが、難分解性 TOC に占める難分解性 POC の割合が高かった。高橋川新橋の難分解性成分は、猪苗代湖湖心よりわずかに高く、小黒川梅の橋の難分解成分は、猪苗代湖湖心よりは高いが、小黒川沖 500m よりは低い値であった。また、各河川の生分解の速度が速いことがわかった。
- (4) 長瀬川小金橋及び小黒川梅の橋の 100 日生分解後の UV260/DOC 比が大きく低下していた。その他の地点は、生分解前の値と比較してほとんど変化がみられなかった。

## 参考文献

- 1) 陸水学 アレキサンダー・J・ホーン チャールス・R・ゴールドマン 著  
京都大学学術出版会
- 2) 湖沼において増大する難分解性有機物の発生原因と影響評価に関する研究  
国立環境研究所特別研究報告、SR-36-2001 (2001)
- 3) 湖水溶存有機物の紫外部吸光度 水環境学会誌 20. 397(1997)  
福島武彦 今井章夫 松重一夫 井上隆信 小澤秀明

別紙 1 現地調査結果一覧

調査地点	猪苗代湖				長瀬川 小金橋	高橋川 新橋	小黒川 梅の橋
	湖心	長瀬川沖 500m	高橋川沖 500m	小黒川沖 500m			
採取水深(m)	表層	表層	表層	表層	表層	表層	表層
調査年月日	H26.9.10						
採水時間	9:20	10:10	10:50	9:30	12:40	11:40	12:10
天候(前日)	晴れ						
天候(当日)	晴れ						
気温(℃)	23.7	22.8	24.1	22.4	22.0	23.0	23.0
水温(℃)	22.6	22.0	23.5	22.0	21.2	19.0	22.5
透明(透視)度(m)	13.2	>5.9	>2.0	>0.9	>1	>1	>1
水色(フォーレル)	8	8	9	14	—	—	—
色相	無色	無色	無色	淡褐色	無色	無色	淡褐色
臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭
濁り	透明	透明	透明	透明	透明	微濁	透明
流量(m <sup>3</sup> /s)	—				6.84	0.72	0.38

放流13:50~20:00

別紙2 難分解性有機物調査に係る水質測定結果 \*黄色いセルは計算値

調査地点	2014/9/10			
	測深年月日	調査年月日	調査地点	調査地点
採取水深(m)	測深年月日	調査年月日	調査地点	調査地点
pH	6.9	7.0	7.5	7.6
EC $\mu S/cm$	105	106	127	208
BOD mg/L	0.9	0.5	1.3	1.1
COD mg/L	1.1	1.2	1.7	2.9
D-COD mg/L	0.9	1.0	1.6	2.6
F-COD mg/L	0.2	0.1	0.5	0.3
DOC mg/L	0.79	0.90	1.09	1.89
DOC mg/L	0.77	0.86	1.00	1.75
POC mg/L	<0.1	<0.1	0.16	0.24
DTN mg/L	0.16	0.20	0.14	0.31
TPN mg/L	<0.05	<0.05	0.05	0.13
NO3-N mg/L	0.10	0.06	<0.05	0.05
NO2-N mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
NH4-N mg/L	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05
TP mg/L	<0.003	<0.003	0.024	0.038
TPP mg/L	<0.003	<0.003	0.004	0.018
PO4-P mg/L	<0.003	<0.003	0.015	0.027
SS mg/L	<1	<1	2	4
一般細菌数 個/mL	37	57	10	320
UV280/DOC (吸光度/DOC)	9	8	16	43
UV280/DOC (吸光度/DOC)	9	8	16	43

猪苗代湖生分解試験結果

調査地点	2014/9/10											
	0日目				30日後				100日後			
採取水深(m)	bl											
調査年月日	bl											
生分解試験日数	0日目	30日後	100日後	0日目	30日後	100日後	0日目	30日後	100日後	0日目	30日後	100日後
容量 mL	1000	980	960	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000	1000
pH	6.0	6.0	5.9	6.9	7.0	7.5	9.1	9.1	8.0	8.0	8.0	9.60
EC $\mu S/cm$	0	1	1	105	106	127	195	195	341	341	341	209
TDC mg/L	0.19	0.19	0.32	0.79	0.90	1.09	2.92	2.92	5.77	5.77	5.77	1.31
DOC mg/L	0.17	0.18	0.31	0.77	0.86	1.00	2.76	2.76	5.61	5.61	5.61	1.25
UV280 ABS/cm	0.0003	-0.0001	-0.0003	0.0069	0.0068	0.0156	0.0794	0.0794	0.0164	0.0164	0.0164	0.0378

生分解試験結果(結果修正有り)

調査地点	2014/9/10											
	0日目				30日後				100日後			
採取水深(m)	bl											
調査年月日	bl											
生分解試験日数	0日	30日	100日	0日目	30日後	100日後	0日目	30日後	100日後	0日目	30日後	100日後
EC $\mu S/cm$	0	0	0	105	106	127	195	195	341	341	341	200
DOC mg/L	0.19	0.18	0.30	0.79	0.90	1.09	2.92	2.92	5.77	5.77	5.77	1.25
POC mg/L	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	<0.1	0.16	0.16	0.19	0.12	0.14	<0.1
UV280 ABS/cm	0.0003	0.0000	-0.0002	0.0069	0.0068	0.0156	0.0794	0.0794	0.0164	0.0164	0.0164	0.0378
UV280/DOC (吸光度/DOC)	2	0	-1	9	8	16	29	29	43	30	50	30

## 5 猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査

### 1 目的

猪苗代湖の年間を通じた物質循環を検討する基礎資料を得ることを目的とする。

### 2 調査方法

小型メモリー計測器を調査地点に設置し、水温及び電気伝導率を連続的に測定する。

### 3 調査地点

- (1) 猪苗代湖湖心  
水深 30m
- (2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m  
水深 5m 及び水深 10m



図1 調査地点

### 4 調査時期

- (1) 猪苗代湖湖心  
平成 20 年 4 月 22 日から継続調査中  
平成 26 年度調査期間：平成 26 年 6 月 4 日～平成 27 年 4 月 15 日
- (2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m  
平成 23 年 11 月 22 日から継続調査中  
平成 26 年度調査期間：平成 26 年 6 月 4 日～平成 27 年 4 月 15 日  
なお、平成 20 年 7 月 31 日～平成 22 年 11 月 3 日の期間は猪苗代湖長瀬川河口沖 1km において測定を行った。

### 5 調査項目

水温及び電気伝導率 (EC)

ただし、EC は猪苗代湖長瀬川河口沖 300m (水深 5m) でのみ測定

### 6 測定方法等

- (1) 猪苗代湖湖心  
以下の小型メモリー計測器を用いてデータ採取間隔 10 分間で水温を連続的に測定した。  
水深 30m：JFE アドバンテック社製 DEFI-T
- (2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m  
以下の水深、項目及び計測器で採取間隔 10 分間で連続的に測定を行った。  
水深 5m：JFE アドバンテック社製 COMPACT-CT (水温及び電気伝導率)  
水深 10m：JFE アドバンテック社製 DEFI-T (水温)

## 7 結果及び考察

### (1) 猪苗代湖湖心における水温連続測定結果

平成 20 年 4 月 22 日から平成 27 年 4 月 15 日（データ回収の最終日）までの猪苗代湖湖心における層別の日平均水温及び気象庁猪苗代観測所における日平均気温（以下日平均気温）の推移を図 2 に示す。なお、平成 26 年 6 月から平成 27 年 4 月までの表層、水深 5 m 及び 15m の水温データは計測器の故障により測定できていない。

猪苗代湖において、水温躍層は例年 8 月に水深 10～20m で形成され、10 月には水深 20～30m へ下がることが確認されている。しかし、平成 26 年度は、水深 15m における水温データが測定できなかったため、水温躍層の形成時期及び崩壊時期を確認することができなかった。

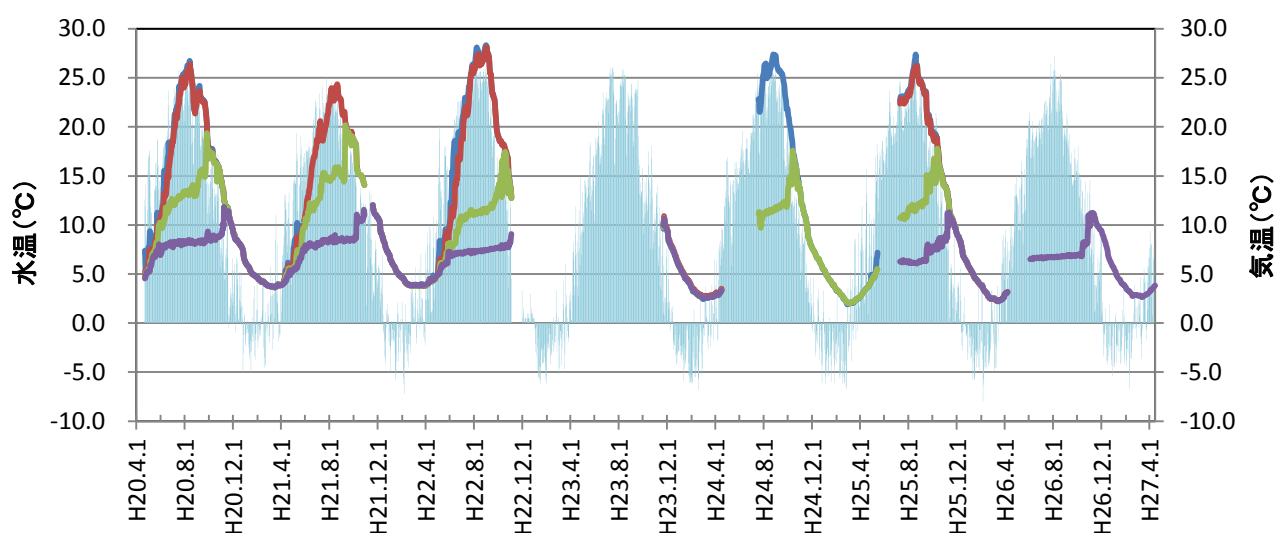


図 2 猪苗代湖湖心における層別日平均水温及び日平均気温の関係

平均気温 湖心表層 湖心水深5m 湖心水深15m 湖心水深30m

(注) H26.6～H27.4 の表層、水深 5m 及び水深 15m の水温データは欠測

### (2) 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m における連続測定結果

平成 23 年 11 月 22 日から平成 27 年 4 月 15 日（データ回収の最終日）までの猪苗代湖長瀬川河口沖 300 m 地点における層別日平均水温及び日平均気温の推移を図 3 に示す。なお、平成 26 年 6 月から平成 27 年 4 月までの水深 15m の水温データは計測器の故障により測定できなかった。

長瀬川河口沖では、例年 5 月中旬から水温躍層が形成され、9 月下旬から 10 月上旬にかけて水温躍層が下降し、11 月上旬には崩壊することが確認されている。しかし、平成 26 年度は、水深 15m における水温データが測定できなかったため、水温躍層の下降時期及び崩壊時期を確認することができなかった。

ただし、平成 26 年度の水温は平成 24 年度の水温と比較すると、5m 地点と 10m 地点の水温が調査期間中ほぼ同じであった。

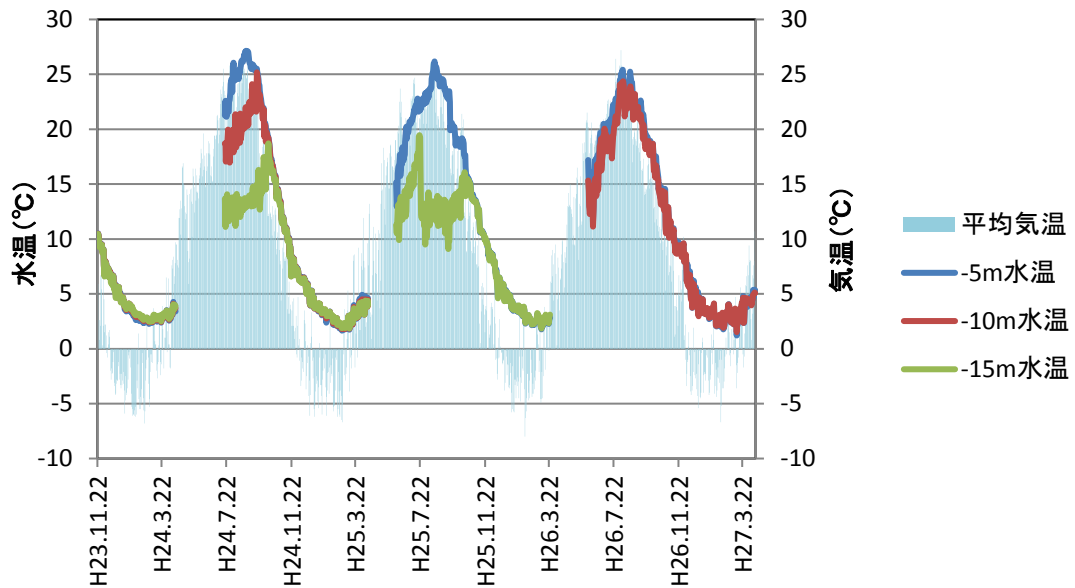


図3 猪苗代湖長瀬川河口沖 300m における層別日平均水温及び日平均気温の関係

(注) H26.6～H27.4 の水深 15m の水温データは欠測

また、長瀬川河口沖 300m 地点の水深 5m における日平均水温及び日平均 EC の測定結果 (25°C換算値) と、長瀬川河口から約 2km 上流に位置する小金橋及び猪苗代湖湖心表層における EC (平成 26 年度猪苗代湖及び主要流入河川のイオンバランスの季節変動と経年変化調査結果並びに平成 26 年度猪苗代湖大腸菌群数超過対策調査よりデータを抜粋) の比較を図 4 に示す。なお、小金橋及び猪苗代湖湖心表層の EC は、試験室で 25°C に加温して測定した結果であることから、長瀬川河口沖の EC 連続測定結果は 25°C に換算した値を用いた。

図 4 より、平成 25 年度同様、長瀬川河口沖 300 m 地点 (水深 5 m) における EC は、小金橋ではなく湖心 (表層) の値に近いことが確認された。

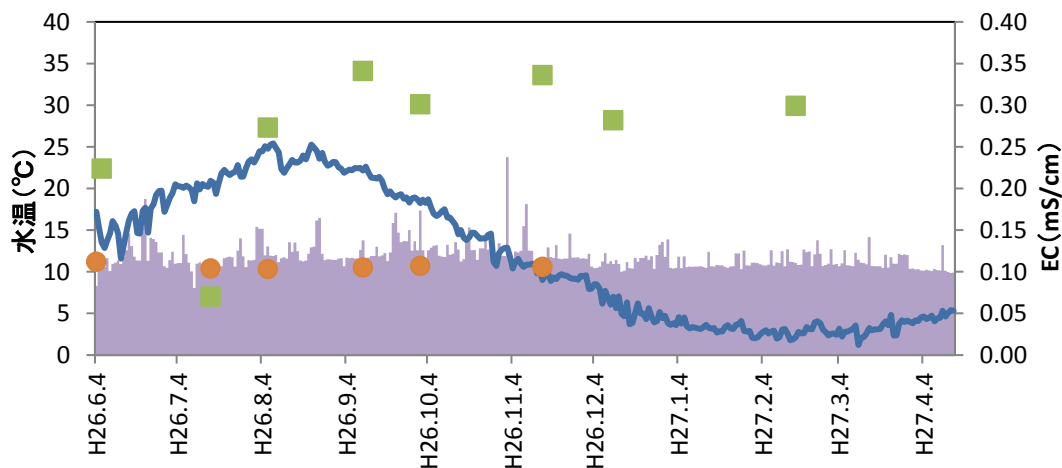


図4 長瀬川河口沖300m地点 (水深5m)における水温及びECの日平均値と、小金橋及び湖心表層におけるECの比較

河口沖水深5m\_EC(換算値)
  河口沖水深5m\_水温

小金橋\_EC
  湖心表層\_EC

EC 換算式 :  $EC_{25}=EC_t/\{1+0.02(t-25)\}$

EC<sub>25</sub>:EC<sub>25</sub>°C換算値、EC<sub>t</sub>: EC 生データ、t: 水温

## 8 まとめ

- (1) 猪苗代湖湖心の調査では、計測器の故障により水温躍層の形成時期及び崩壊時期を確認できず、過去の傾向と比較することができなかった。
- (2) 長瀬川河口沖 300m (水深 5m) の EC は猪苗代湖流入前の長瀬川 (小金橋) の値より湖心 (表層) の値に近いことが確認された。

## 9 参考文献

- (1) 猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査報告書, 福島県, 平成 24 年 3 月
- (2) 猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査報告書, 福島県, 平成 25 年 3 月
- (3) 猪苗代湖の水温及び電気伝導率の連続測定調査報告書, 福島県, 平成 26 年 3 月

# 裏磐梯五色沼湖沼群の湖水の化学的な成分に 関する調査結果（第4報）

## 目 的

裏磐梯五色沼湖沼群の水質の現況を把握するため、2011年から化学的な成分等に重点を置き調査を継続して行ってきた。

2014年調査では、これまでの調査と同様に千葉ら(1986年)が実施した1985年の調査結果と比較して、銅沼及びもうせん沼において、硫酸イオンや金属成分が顕著に減少していること、他の湖沼等についても硫酸イオンを始めとする成分が減少していることを再確認した。

また、裏磐梯湖沼群(毘沙門沼湖心)においても、猪苗代湖と同様に大腸菌群数が2009年から連続5年間、環境基準(1000MPN/100mL)を超過する(図1)など水質悪化が懸念されるので大腸菌群数と水質との関係についても考察した。

### I はじめに

1888年の磐梯山の噴火により長瀬川とその支流が堰き止められるなどしてきた五色沼湖沼群の水質は、火山活動に由来し金属成分を豊富に含んだ硫酸塩を主体とした水や磐梯山の深層地下水、浅層地下水などから構成される<sup>1)</sup>。千葉ら(1986年)は五色沼湖沼群の表流水を辿る

ことにより、銅沼系((銅沼)→スキー場湧水→緑沼→瑠璃沼→青沼→(弁天沼))、柳沼系(もうせん沼→弥六沼→父沼→母沼→柳沼→(石倉沼))、竜沼系(竜沼→深泥沼→毘沙門沼)及びそれらに属しない赤沼等に分類しているため、千葉らに準じて水系毎の考察を加えた。

本報は、環境センター等が2011年11

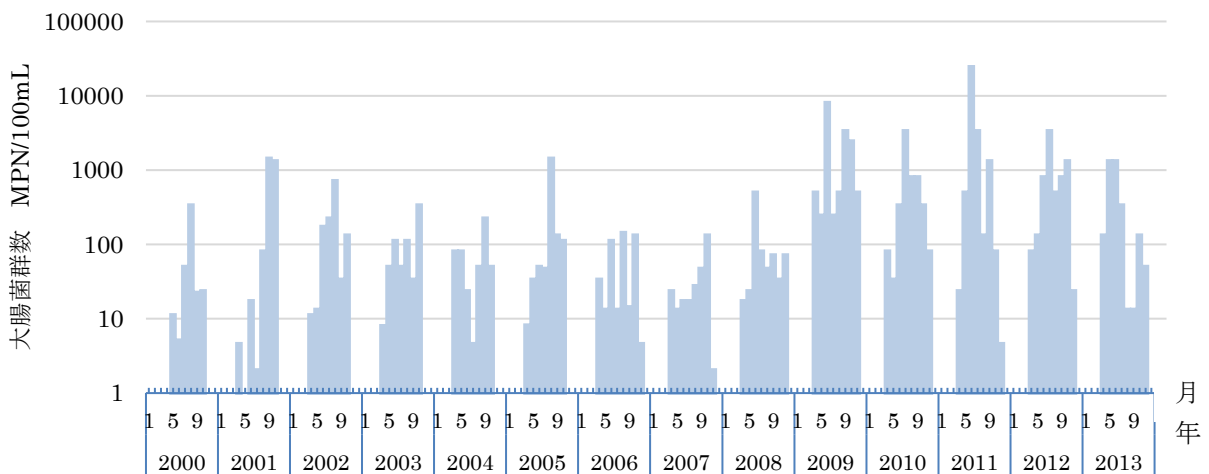


図1 五色沼湖沼群(毘沙門沼)における大腸菌群数の推移  
(福島県水質年報：2000年～2013年)



月に実施した 1 回目の調査、2012 年 6 月の 2 回目の調査、2013 年 8 月の 3 回目の調査及び 2014 年 11 月の 4 回目の調査結果を取りまとめたものである。

## II 調査内容

### 1 調査年月日

- 1 回目：2011 年 11 月 14 日  
(銅沼等の 3 地点は 11 月 8 日)  
2 回目：2012 年 6 月 19 日  
(銅沼等の 3 地点は 6 月 15 日)  
3 回目：2013 年 8 月 27 日  
(銅沼等の 3 地点は 8 月 26 日)  
4 回目：2014 年 11 月 11 日  
(銅沼等の 3 地点は 11 月 7 日)

### 2 調査地点

調査地点は 2011 年から 2013 年の調査においては、表 1 のとおり、15 湖沼等 22 地点、2014 年調査は 11 湖沼等 15 地点で調査を実施した。表中で地点名称に※印を付した地点は 2014 年のみ調査を実施していないことを示す。

調査地点には参考として五色沼湖沼群からの流出水が合流する長瀬川美術館前の地点を入れている。

湖沼の調査では原則として、それぞれの流入水と流出水を採取することとしたが、植生や底泥等により流入水(又は流出水)の採水が困難な地点は、流入地点(又は流出地点)付近の湖沼内の水を採取した。また、表流水の流入が確認できない銅沼、赤沼、流入地点付近への到達が著しく困難な瑠璃沼、もうせん沼は沼の中央部又は流出地点付近の 1 箇所とした。

なお、本文中の図では地点名は表 1 の地点番号を使用した。

表 1 地点番号と採水地点

No	地点名称	備考
1	銅沼	銅沼系
2	無名沼※	銅沼系
3	スキ一場湧水	銅沼系
4	瑠璃沼流出部※	銅沼系
5	青沼流入部※	銅沼系
6	青沼流出部	銅沼系
7	弁天沼流入部※	銅沼系
8	弁天沼流出部	銅沼系
9	もうせん沼	柳沼系
10	弥六沼流入部	柳沼系
11	弥六沼流出部	柳沼系
12	柳沼流入部※	柳沼系
13	柳沼流出部※	柳沼系
14	石倉沼※	柳沼系
15	竜沼流入部	竜沼系
16	竜沼流出部	竜沼系
17	深泥沼流入部	竜沼系
18	深泥沼流出部	竜沼系
19	毘沙門沼流入部	竜沼系
20	毘沙門沼流出部	竜沼系
21	赤沼	その他
22	長瀬川美術館前	—

### 3 調査機関

現地調査・採水：福島県水・大気環境課、自然保護課、会津地方振興局、福島県環境センター

分析：福島県環境センター、公益財団法人福島県保健衛生協会

### 4 分析項目及び測定方法

分析項目及び測定方法は付表 1 のとおり。分析項目のうち、大腸菌群数とクロロフィル a は原則として各湖沼の 1 地点

(流出部) とした。

### Ⅲ 結果と考察

調査の結果は、付表 2「平成 26 年度結果一覧表」のとおり。

#### 1 湖沼群の主要成分について

地点毎の蒸発残留物と各溶存成分の総量とを比較し、両者がほぼ一致していること(図 2)を確認した。主要な成分は捕捉されているものと思われる。

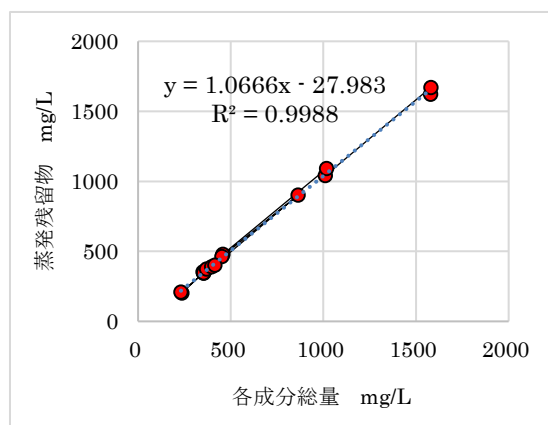


図 2 蒸発残留物の比較

裏磐梯五色沼湖沼群において主要成分はいずれの地点でもカチオンではカルシウムイオンであり、アニオンでは硫酸イオンである。図 3 は調査地点を左から右へ標高の高い順に並べ替えて各成分濃度を比較したものである。2014 年調査では、湖沼群中最も標高の高い所に位置している銅沼は 2011 年からの調査では濃度低下が続いている。1985 年調査(図 4)との比較ではアニオンの 50% 強が減少し、もうせん沼においては約 70% 減少と顕著である。その他の湖沼等でも程度の違いはあれ硫酸イオンを始めカルシウムイオン、マグネシウムイオンなどの塩類の濃度低下がみられた。

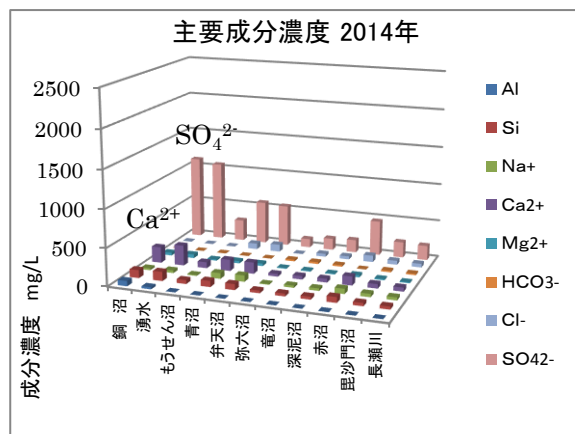


図 3 主要成分濃度 2014 年

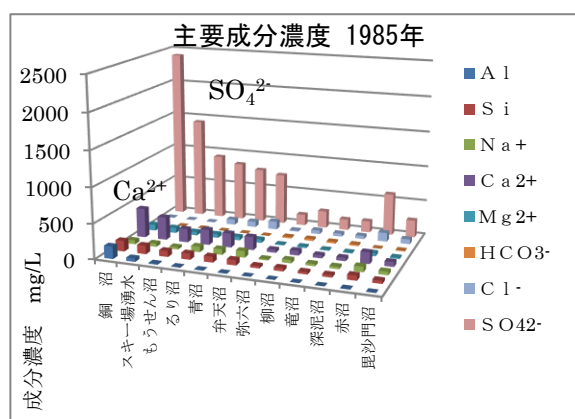


図 4 主要成分濃度 1985 年

また、溶存成分中重量比で最大のものは硫酸イオンで銅沼では約 70% を占める。最小は弥六沼流出地点での約 50% であり、先の 3 回の調査<sup>2)</sup>と大きな違いはなかった。

#### 2 主要成分間の相関

主要成分の硫酸イオン濃度とカルシウムイオン濃度との間には、銅沼を除いて 1985 年調査と同様な強い相関がみられた(図 5)。回帰直線の傾きは 2011 年～2013 年調査とほぼ同じであった。硫酸イオン濃度とマグネシウムイオン濃度との間にも同様な関係がみられた。このような関係は、カルシウムイオン、マグネシウムイオン及び Al、Fe、Mn の金属成分

を合計した成分と硫酸イオンとの間でも成り立っている。

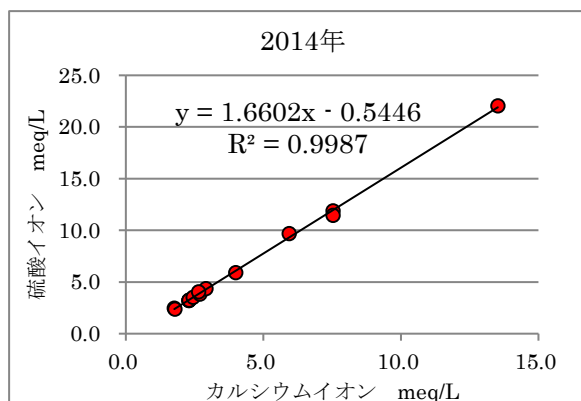


図5 硫酸イオン濃度とカルシウムイオン濃度との関係

また、銅沼を含む湖沼群いずれの地点でもイオン当量濃度 (meq/L) で等モルとなっていることがわかった(図6)。

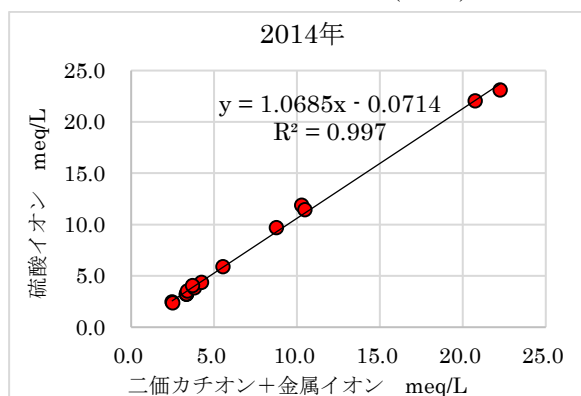


図6 硫酸イオン濃度と(金属+2価カチオン)濃度との関係

五色沼湖沼群で、最も標高の高い位置にある銅沼から五色沼湖沼群の最下流の毘沙門沼までこの関係がみられ、1985年の調査結果と変わっていないことが確認できた。更に下流の毘沙門沼流出水合流後の長瀬川美術館前の地点を含めても同様であった。調査年にかかわらず、各湖沼等の主要成分濃度は連動して変動しているため、五色沼湖沼群は同じ水系であることが容易にわかる。

### 3 各調査項目の結果と考察

#### 3.1 pH

1985年調査と比較すると多くの地点でpHが上昇していることがわかった(図7)。銅沼(No.1)の3.50から下流部へ下るにつれpHが上昇し、銅沼系の弁天沼(流出水、No.8)では5.60を示した。柳沼系のもうせん沼(No.9)では、1985年調査の4.26から4.97へと上昇した。柳沼系の弥六沼(流出水 No.11)及び竜沼系の沼はいずれも中性を示し、大きな変動はみられなかった。

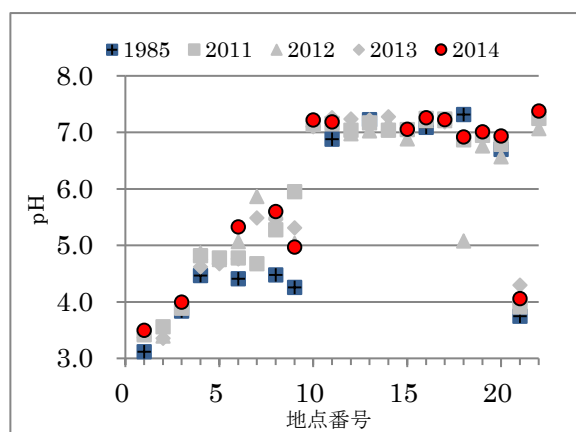


図7 pH値

赤沼(No.21)は竜沼系の沼と異なり、酸性を呈している。pH3.75(1985年)から3.91(2011年)、4.08(2012年)、4.30(2013年)、4.06(2014年)と1985年調査時より上昇していた。

各湖沼のイオン当量濃度比較でカチオンの割合は「 $\text{Ca}^{2+} > \text{Na}^+ > (\cong) \text{Mg}^{2+}$ 」、同様にアニオンの割合は「 $\text{SO}_4^{2-} > \text{Cl}^- > \text{HCO}_3^-$ 」の順となっており、1985年調査と同様の結果であった。1985年調査と比較すると、銅沼系、柳沼系及び赤沼で硫酸イオンの減少がみられた。特に銅沼ともうせん沼では硫酸イオンの他に、カルシウムイオン、マグネシウムイオン

も減少していた。

イオン当量の構成比にも変化が生じている。文末の別図 1、別図 2(五色沼湖沼群の主要構成イオン(百分率)」では 1985 年調査より約 30 年経過した現在(2014 年)では、カルシウムイオン及びナトリウムイオンの割合が増え、Al、Fe、Zn 等金属、マグネシウムイオン及び塩化物イオンの割合が減少した。

### 3.2 EC(電気伝導率)

EC は、銅沼系と赤沼で 100mS/m 以上と高く、相対的に柳沼系及び竜沼系は低値であった。(図 8)。

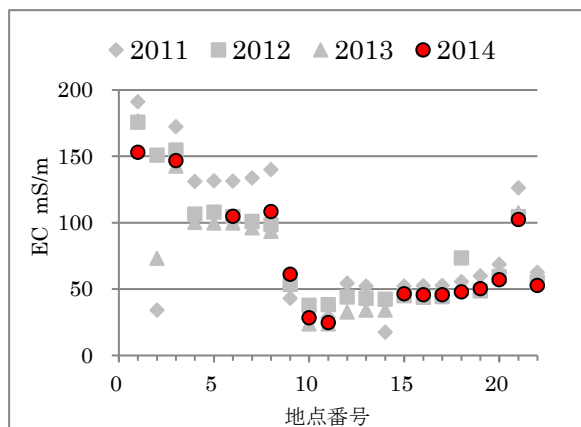


図 8 電気伝導率 EC

### 3.3 DO(溶存酸素)

もうせん沼と赤沼が比較的、溶存酸素濃度が低いこと以外は大きな変化はなか

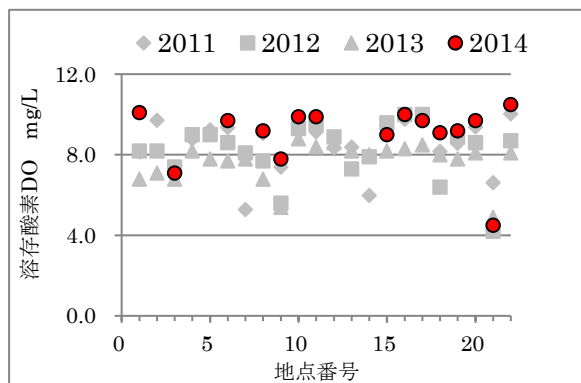


図 9 溶存酸素

った(図 9)。もうせん沼と赤沼は表流水の

流れが不明確で表流水の流入・流出に乏しいと思われる。

また、赤沼(No.21)の溶存酸素濃度がスキ場湧水より低いことから嫌気的な地中を流れ沼底部から湧出していると推測される。

### 3.4 COD と TOC

COD 及び TOC はいずれも有機物の指標として用いられる。

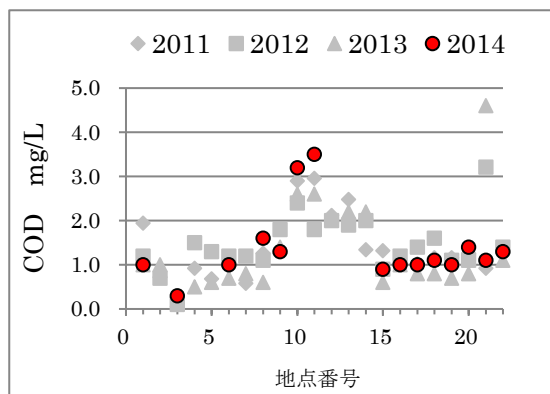


図 10 COD

柳沼系の沼は COD が 3 mg/L 程度であるが銅沼系および竜沼系の沼は 1 前後と比較的低値だった。(図 10)。

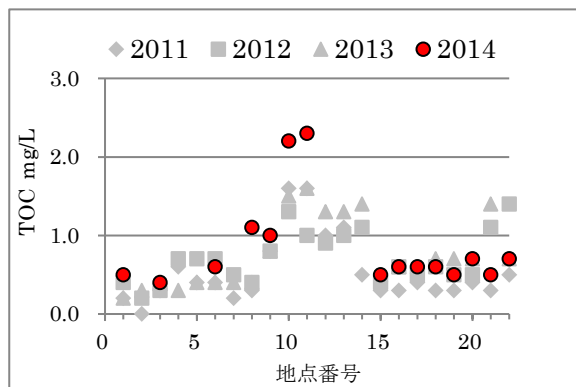


図 11 TOC

TOC も COD と同様に柳沼系の沼が五色沼湖沼群内では高く、特に弥六沼で高値であった(図 11)。このことから、弥六沼はこの水系で最も有機物の生産活動が活発な地点であるということが出来る。

これらの項目の比 COD/TOC は銅沼系の一部と赤沼(No.21)を除いて、湖沼群の多くは 1.6 前後と地点間の差が低かった(図 12)。2012 年は 2013 年と同様な傾向だが、2011 年は全般に高めであり地点により高低の差があった。

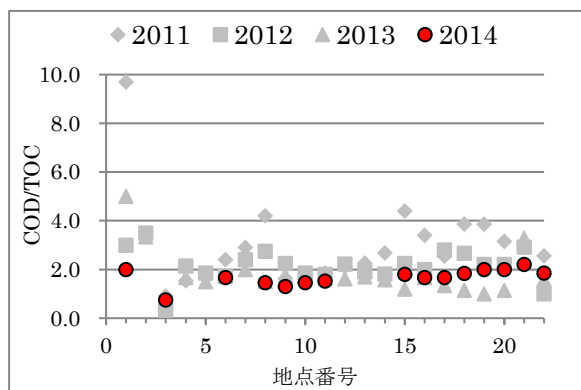


図 12 COD と TOC の関係

全窒素(T-N)は、銅沼系湖沼と赤沼(No.21)で比較的高かった。

調査時期別では 6 月(2012 年)、8 月(2013 年)、11 月(2011 年)の順に値が大きかった。

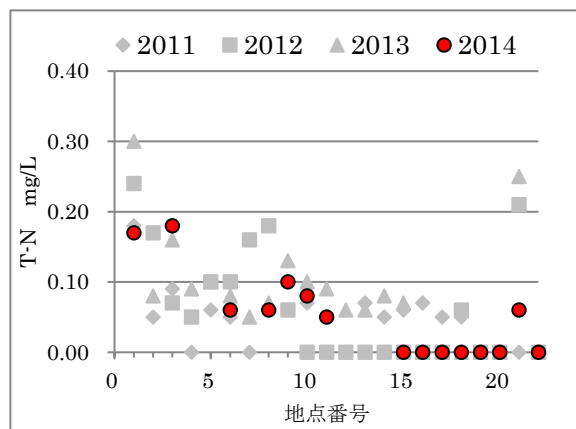


図 14 全窒素

### 3.5 T-P,T-N 及びクロロフィル a

全リン(T-P)は定量下限未満となった地点が弁天沼流出地点(No.8)他 4 地点あった。2014 年は 0.003 未満から 0.018mg/L とこれまでの結果同様低値であった(図 13)。柳沼系及び石倉沼、竜沼で相対的に高い。

調査時期により、多少の変動がみられた 2011 年からの 4 年間では、柳沼系の地点が比較的高めであった。

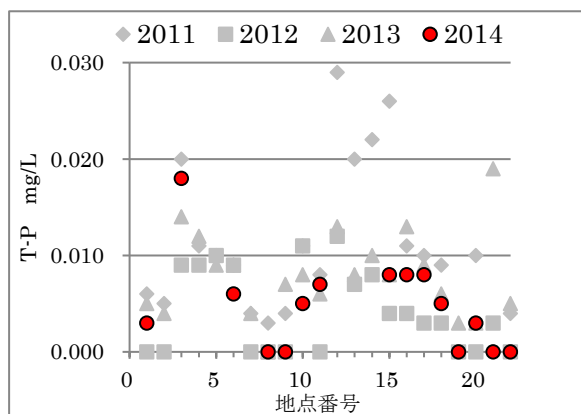


図 13 全リン

クロロフィル a 濃度は、瑠璃沼(No.4)を除き、銅沼系の湖沼では比較的低め(図 15)で柳沼系及び竜沼系の竜沼流入・流出水(No.15、No.16)、深泥沼流出水(No.18)、赤沼(No.21)で高めであった。

また、毘沙門沼流入・流出水(No.19、No.20)は低めであった。クロロフィル a は全リン(T-P)濃度及び全窒素(T-N)濃度との相関が高く、その関係を表す式<sup>3)</sup>が知られている。

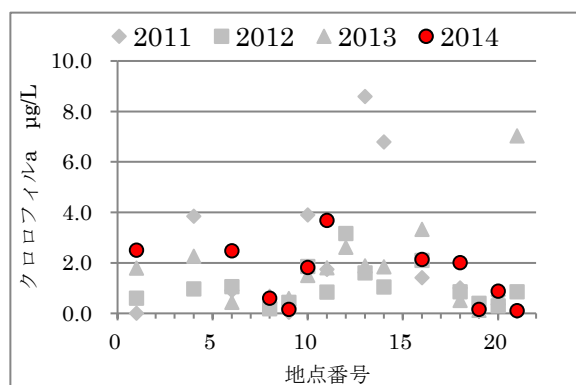


図 15 クロロフィル a

今回を含めたこれまで 4 年間の調査結果にこの計算式を適用すると全リンとの

間に関係式  $\log[\text{クロロフィル濃度}(\mu\text{L})]=1.83\log[\text{T-P 濃度}(\text{mg/L})]+3.615$  を満足し、よい相関が得られた(図 16)。

なお、全窒素とクロロフィル a との間の相関はいずれの年もなかった。

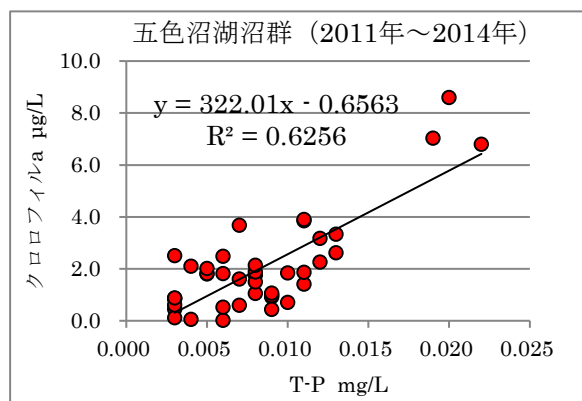


図 16 クロロフィル a と全リン

### 3.6 大腸菌群数

銅沼系湖沼では大腸菌群数は低めで、柳沼系及び竜沼系で高い傾向にある。竜沼流出水(No.16)が 350MPN/100mL と最大値を示した。

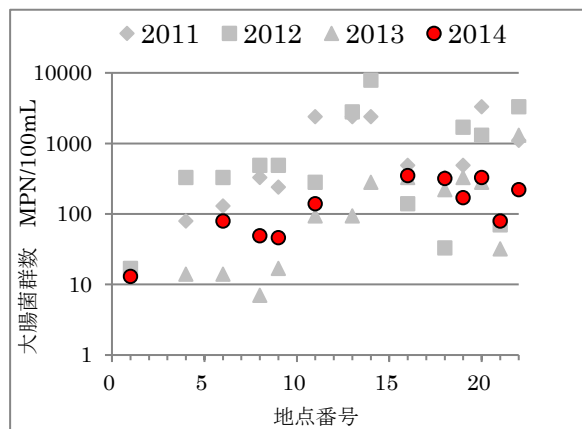


図 17 大腸菌群数

2014 年調査では、環境基準値を超える地点は一箇所もなかった(図 17)。2014 年調査では大腸菌検査も併せて実施した。いずれの地点からも検出されず、糞便汚染の可能性は低いと思われる。

なお、赤沼(No.21)の大腸菌群数が少な

いのは低い pH に関連があると思われる。

### 3.7 アルカリ度及び酸度

2014 年のアルカリ度の最大値は竜沼系の竜沼流出水(No.16)で 20.0mg/L だった。2011 年からの直近 4 ヶ年では低値であった(図 18)。2011 年に最大値を示した地点はこの 4 年間の調査でも最大であった。

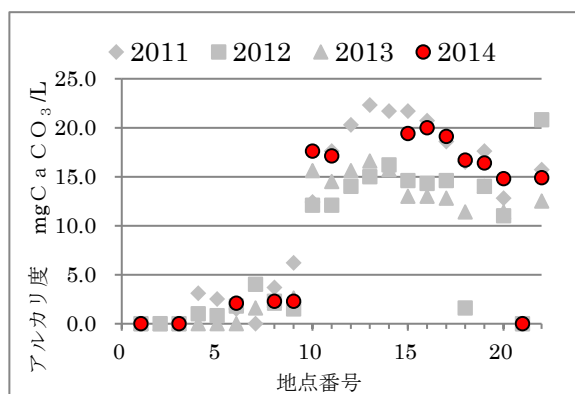


図 18 アルカリ度

酸度は、例年、銅沼系が他の水系より高い(図 19)。

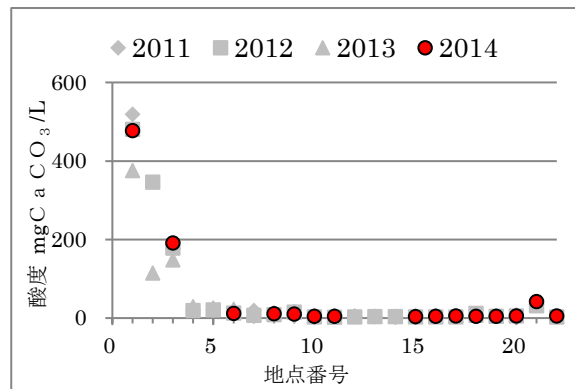


図 19 酸度

銅沼系、柳沼系および竜沼系のいずれにも属しないと考えられる赤沼は酸度が高く(41.6mg/L)、銅沼系や柳沼系のもうせん沼より高い。同じ水系の中でも上流よりは下流側に酸度の高い地点がいくつか見られた。

これは、表流水以外に沼底部からの酸

性水の湧出があるものと考えられる。

### 3.8 ケイ酸

ケイ素をケイ酸  $\text{SiO}_2$  として求めた(図 20)。上流部及び銅沼系で高く、柳沼系および竜沼系ではほぼ一定で  $37\text{mg/L}$  から  $41\text{mg/L}$  の範囲で分布していた。

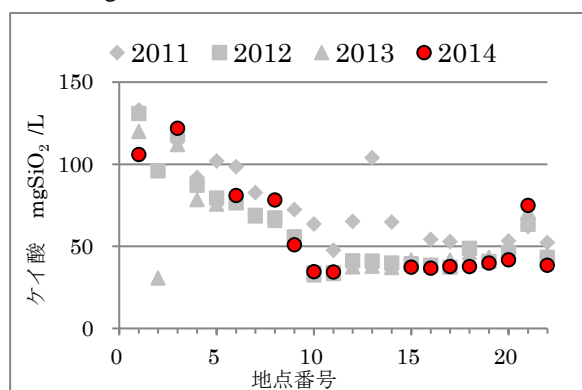


図 20 ケイ酸

赤沼はケイ酸含有量が高く pH が低い。銅沼系湖沼との類似性から pH とケイ酸との関連を調べたところ、比較的高い相関が得られた(第 3 報<sup>4)</sup>)。

2011 年、2012 年調査も同様の傾向を示した。1985 年の千葉らの結果からも同様な結果が得られた。

炭酸水素イオンは  $\text{NaCl}$  と同様に銅沼には存在しない成分であるが柳沼系及び竜沼系の湖沼に広く存在している。

また、炭酸水素イオンは pH と相関が高い成分で五色沼湖沼群では弥六沼流入水から下流域の湖沼で出現している。もうせん沼から弥六沼に至る水系のいずれかで炭酸水素イオンを含有するアルカリ性の水あるいは温泉水が混合し、中和されたものと思われる。

佐藤ら<sup>5)</sup>の柳沼等の底質の分析結果からカルシウム、マグネシウム、アルミニウム等金属が多く検出されることからこのことを支持するものである。

### 3.9 塩類

硫酸イオンは五色沼湖沼群において最大の溶存成分であり、濃度変化の大きいことは前に述べたとおりである。

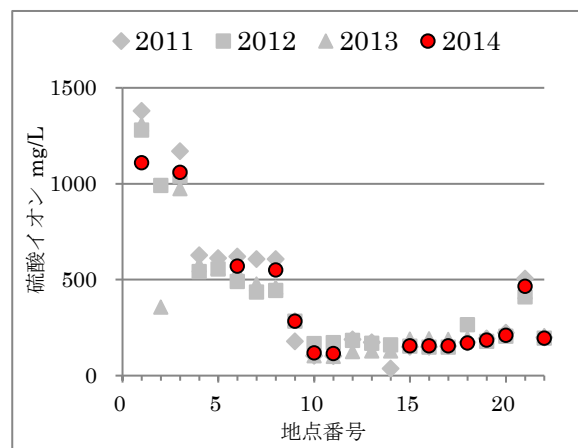


図 21 硫酸イオン

2011 年からの調査に限っても硫酸イオン濃度は低下傾向にある(図 21)。

表 2 成分間の相関

	項目	正の相関	負の相関
一般項目	pH	アルカリ度, $\text{HCO}_3^-$	蒸発残留物, $\text{SO}_4^{2-}$ , $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{SiO}_2$
	COD	TOC	
	T-P	クロロフィルa	
	T-N	Al, Fe, Zn, 酸度	
塩類	$\text{SO}_4^{2-}$	Al, Fe, Zn, $\text{Ca}^{2+}$ , $\text{Mg}^{2+}$ , $\text{SiO}_2$	アルカリ度, $\text{HCO}_3^-$
	$\text{Na}^+$	$\text{Cl}^-$ , $\text{K}^+$	
他	酸度	Al, Fe, Zn	

下流域においては多少の濃度変動はあるものの 1985 年調査と比べると濃度は低めで推移している。

カルシウムイオンやマグネシウムイオン



ンなどの成分等も硫酸イオンに連動して濃度低下がみられる。

その他、多くの成分間で相関係数が 0.8 以上の相関がみられた(表 2)。

#### 4 大腸菌群数と水質の関係

裏磐梯湖沼群(毘沙門沼, 湖心)は 2009 年から 5 年連続で大腸菌群数の環境基準(1000MPN/100mL)を超えており、水質悪化が懸念されている。その原因は、水質に起因していると考えられるので各地点で pH、COD 等の項目と大腸菌群の出現数との相関を調べた。2011 年からの調査では 1000MPN/100mL を超える地点は柳沼系及び竜沼系の沼に限られている。

##### 4.1 pH との関係

2011 年から 2014 年調査のデータを用いた散布図(図 22)では、pH と大腸菌群数との間に正の相関(相関係数  $R=0.70$ )がみられた。このとき、大腸菌群数が 1000MPN/100mL を超えるのは pH6.6 付近である。

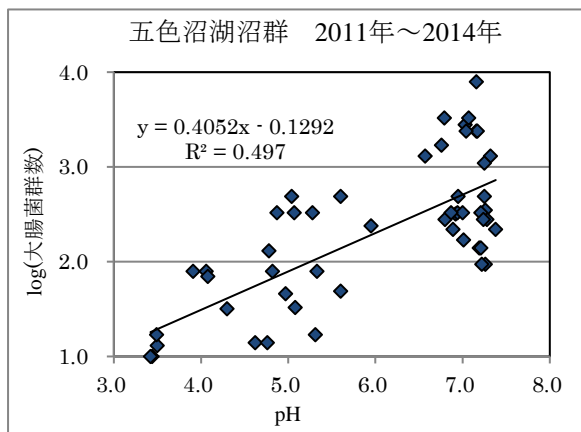


図 22 pH と大腸菌群数

##### 4.2 水温との関係

1000MPN/100mL を超えるのは 9.5℃ 以上から 22℃ と広範囲であった。毘沙門沼

湖心で 1000MPN/100mL を超えるのは例年、7 月か 8 月の夏季に多いが個別の相関をみると水温と大腸菌群数との間にははっきりとした相関は見られなかった(図 23)。

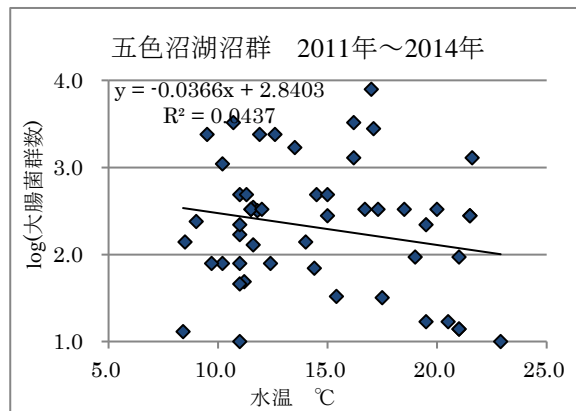


図 23 水温と大腸菌群数

五色沼湖沼群及びその近傍で湧出している温泉水がいくつか知られているため<sup>7)</sup>、それらの影響があると思われる。

##### 4.3 COD 及び TOC との関係

毘沙門沼(湖心)において年平均値での COD 値と大腸菌群数との間に正の相関があることを確認した<sup>6)</sup>が、2011 年から 2014 年の五色沼湖沼群の COD と大腸菌群数との間に相関は無かった。大腸菌は水中の有機物を利用して増殖が可能であるといわれている<sup>5)</sup>。地点毎または水系毎に相関を確かめる必要があるのかもしれない。

TOC については、相関係数 R 値が約 0.2 と弱いながらも相関はみられた。柳沼系の弥六沼が最も有機炭素の存在量が多いので五色沼湖沼群の中では大腸菌群の生育しやすい環境にあるのではないかとと思われる。



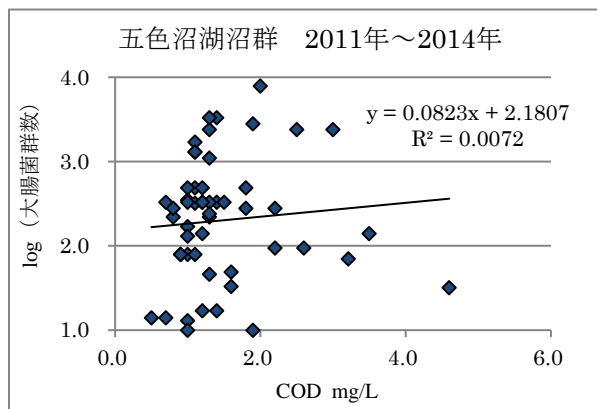


図 24 COD と大腸菌群数

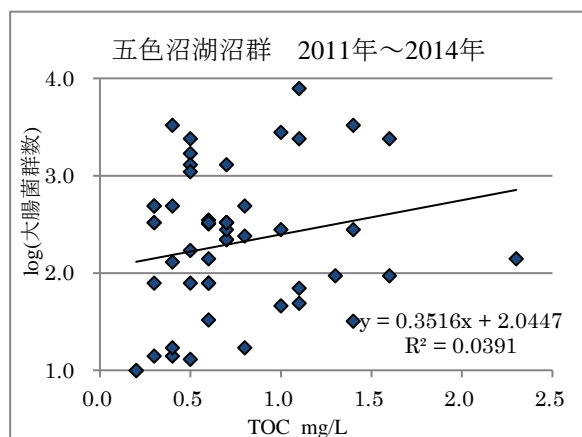


図 25 COD と大腸菌群数 (年最大値での相関)

#### 4.4 塩類との関係

五色沼湖沼群に共通の成分である硫酸塩イオンと大腸菌群数との相関では（図 26）負の相関（相関係数  $R=-0.65$ ）が見られた。硫酸イオンはカルシウムイオン、マグネシウムイオンとも相関が強い成分であるため硫酸塩として大腸菌群に対して抑制的作用を有しているものと考えられる。

硫酸イオン濃度が約 200mg/L 未満で大腸菌群数が 1000MPN/100mL を超える。1985 年調査以降の五色沼湖沼群の硫酸塩濃度低下は上流部での酸度低下、硫酸イオン濃度低下が影響している可能性が高く、毘沙門沼（湖心）における近年の

大腸菌群数増加に影響を与えているのではないかと推測される。

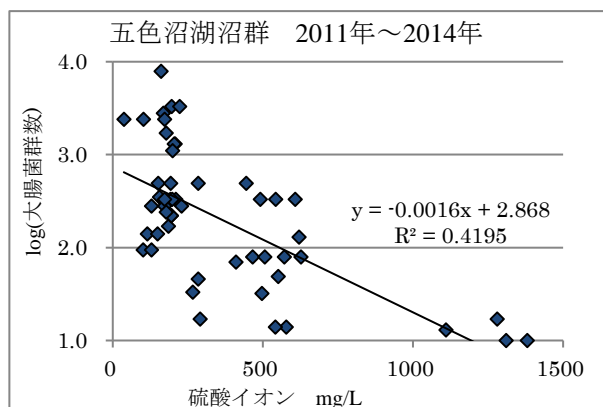


図 26 硫酸イオンと大腸菌群数

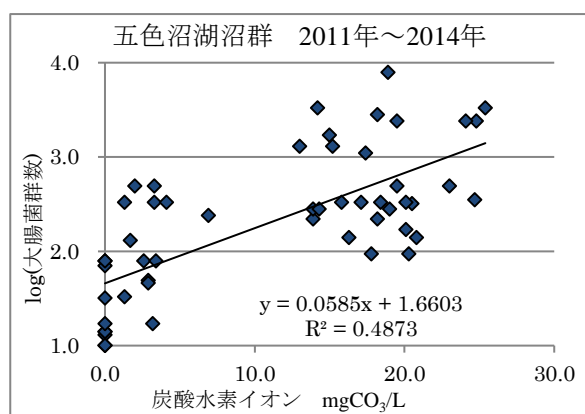


図 27 炭酸水素イオン濃度と大腸菌群数

炭酸水素イオンについては、正の相関が確認できた。濃度が 12mg/L 付近で大腸菌群数が 1000MPN/100mL を超える。炭酸水素イオン濃度も柳沼系の弥六沼が最も高く、植物の成長を介して間接的に炭素の供給源となっている可能性も考えられる。

#### IV まとめ

千葉らの 1985 年調査を参考に 2011 年から 2014 年にかけて「裏磐梯の湖沼環境を考える会議」の会員機関で実施した調査から、裏磐梯五色沼湖沼群の水質の特徴

について考察した。

裏磐梯五色沼湖沼群に共通する特徴として、主成分は硫酸カルシウム及び硫酸マグネシウムなどの硫酸塩であり、硫酸イオンとカルシウムイオン及びマグネシウムイオンとは一定の比率で存在し、五色沼湖沼群で、最も標高の高い位置にある銅沼から最下流の毘沙門沼までこの関係がみられることから、各湖沼等の主要成分濃度が、連動して変動していることを2014年調査でも確認できた。

裏磐梯湖沼群の水は1985年調査時よりpHが上昇している。最高は銅沼のpH3.12 (1985年調査)からpH3.50 (2014年調査)への上昇で、主要成分の顕著な濃度低下を伴っていた。また、もうせん沼においてもpH上昇の他、成分濃度が約5分の1にまで顕著に減少していた。

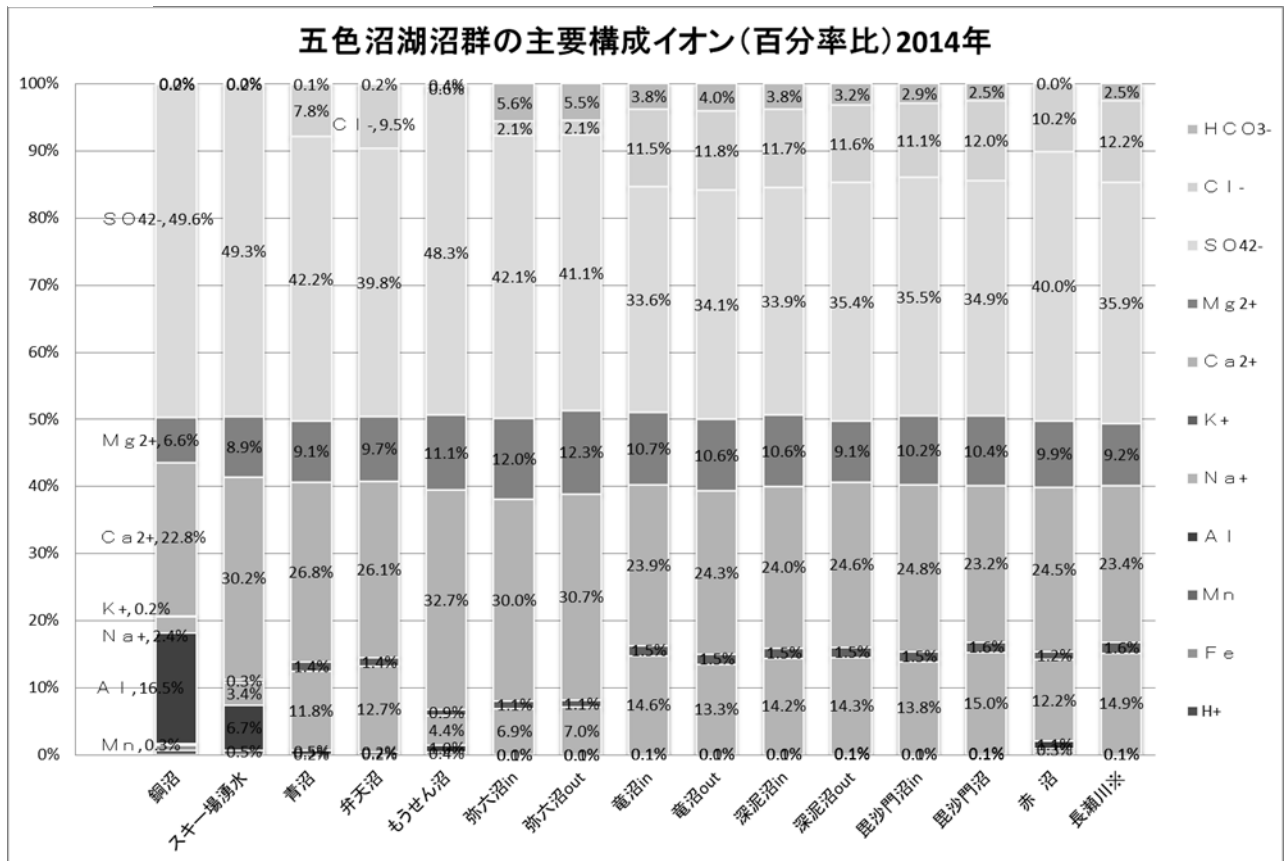
安達太良山からの酸性物質供給量が一時期より減少し、下流河川の酸度減少、pH上昇を引き起こしている<sup>8)</sup>が同じような源流域河川の成分濃度低下が磐梯山周辺でも生じていて、猪苗代湖への硫酸塩等の負荷量の減少をもたらすなど下流域の水質に影響を及ぼしている可能性がある。

五色沼湖沼群における近年の1000MPN/100mLを超える大腸菌群数の増加は五色沼湖沼群の上流域で生じている酸度低下が引き金となって、湖沼群全域のpH上昇及び硫酸塩類等溶存成分の濃度低下を引き起こしていることと、柳沼系湖沼に弱アルカリ性の炭酸水素イオン濃度の高い水が供給されていることの影響が寄与しているものと考えられる。

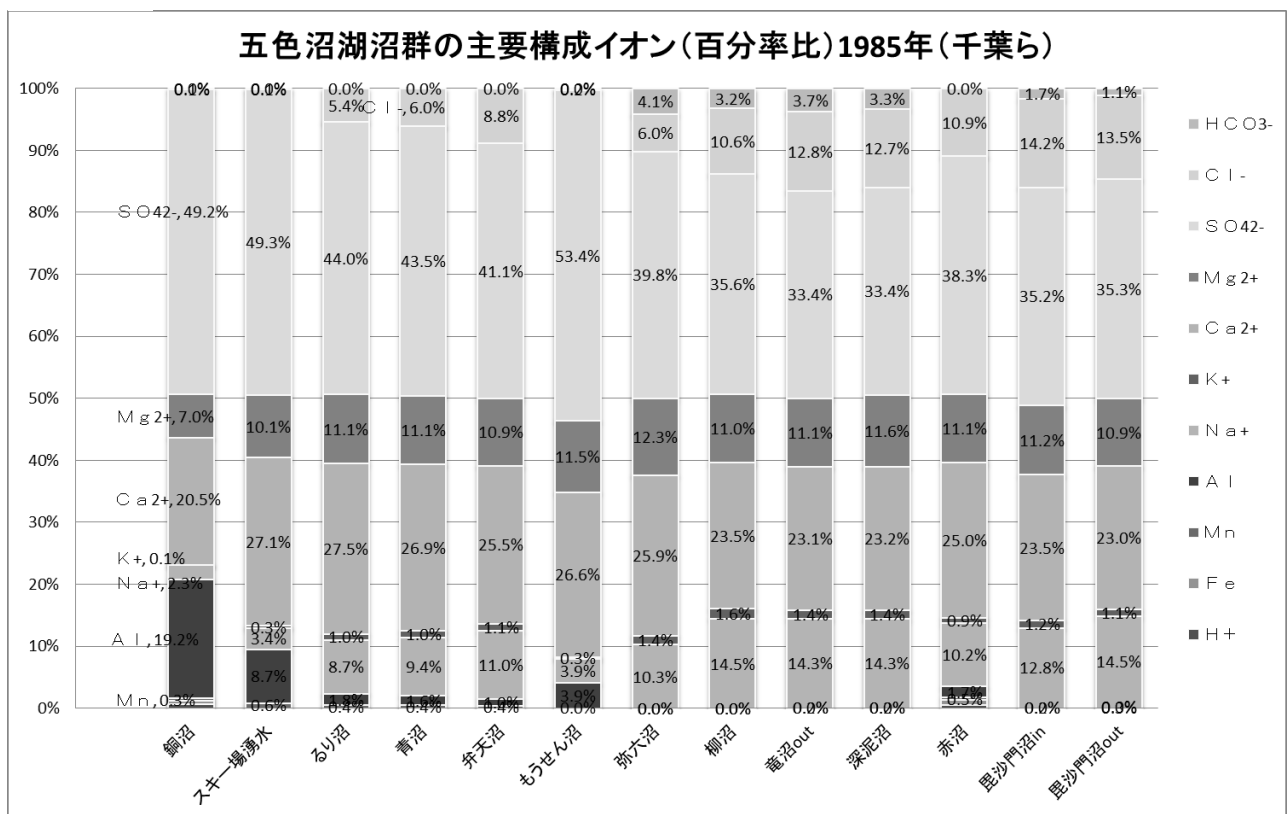
## 引用文献

- 1) 千葉 茂・朝倉誠司・松本仁志(1986) 裏磐梯五色沼の水質とその成因について、福島大学教育学部論集理科報告 (38)、19-29。
- 2) 渡邊 稔・佐久間智彦(2014) 裏磐梯五色沼湖沼群の湖水の理化学的な成分に関する調査結果 (第3報)、裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査報告書、68-81。
- 3) Sakamoto, M. (1966) Primary production by phytoplankton community in some Japanese-lakes and its dependence on lake depth. Arch. Hydrobiol., 62, 1-28.
- 4) 佐藤一男・阿部純一・佐久間智彦(2012) 裏磐梯五色沼湖沼群の湖底堆積物～その物理化学的な性状～、裏磐梯五色沼湖沼群の環境調査報告書、157-162。
- 5) 金子光美(2002) 震災時における水の安全対策に関する研究、平成12年度～平成13年度科学研究費補助金(基礎研究C)研究成果報告書
- 6) 福島県 (2006～2014) 水質年報
- 7) 千葉 茂(1988) 猪苗代湖・裏磐梯湖沼群の水質、地学雑誌、97-4、134-139。
- 8) 渡邊 稔・國井芳彦・渡辺俊次(2012) 流入河川が猪苗代湖に及ぼす影響について、全国環境研会誌、51-57

別図 1



別図 2



付表1 調査項目ごとの測定方法と結果の表示方法 (裏磐梯五色沼湖沼群環境調査 第4回目)

【福島県環境センター】						
調査項目	測定方法	単位	測定結果の表示方法			
			定量下限値	表示した最小桁数	有効数字最大桁数	「水質測定計画」との相違点
pH	昭和46年環境庁告示第59号 (JIS 12.1 ガラス電極法)	—	—	小数点以下2桁	—	※1 大腸菌群数、全窒素及び全燐については水質測定計画と同じ。 ※2 ECIは単位に注意。水質測定計画と同じ。 ※3 pH及びクロロフィルaは、水質測定計画よりも一桁下まで(小数点以下2桁目まで)表示することとし、有効数字最大桁数は考慮しないこととした。 ※4 DO及びCODは水質測定計画で報告下限とされている0.5mg/L未満の値でも、結果をそのまま表記した。同様にクロロフィルaも1μg/L未満の値も表記した。
EC	JIS 13 電気伝導度計	mS/m	—	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	—	
COD	昭和46年環境庁告示第59号 (JIS 17 KMnO4による酸素消費量)	mg/L	(0.0)	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	—	
大腸菌群数	〃 (最確数による定量法)	MPN/100mL	(0)	小数点以下1桁	2桁	
大腸菌数	特定酵素基質培地QTH/MPN法(ツラート法) (最確数による定量法)	MPN/100mL	(1)	小数点以下1桁	2桁	
全窒素	昭和46年環境庁告示第59号 (JIS 45.2 紫外吸光度法)	mg/L	0.05	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	2桁	
全燐	〃 (JIS 46.3.1 ヘルキソニ硫酸ナトリウム分解法)	mg/L	0.003	小数点以下3桁 (4桁目を切り捨て)	2桁	
クロロフィルa	上水試験方法 27	μg/L	(0.00)	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	3桁	
DO	昭和46年環境庁告示第59号 (JIS 32 よう素滴定法)	mg/L	(0.0)	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	—	
※ JISとは「日本工業規格 K0102 工場排水試験方法」を示す。			※ 水質測定計画とは「平成26年度水質測定計画(福島県)」を示す。			
【(財)福島県保健衛生協会】						
調査項目	測定方法	単位	測定結果の表示方法			備考
			定量下限値	表示した最小桁数	有効数字最大桁数	
蒸発残留物	JIS K0102 14.2	mg/L	1	整数3桁(小数点以下を切り捨て)	—	試料はろ過しない。  0.45μmのミブラフィルターにてろ過したものを試料とした。
酸度	上水試験方法 14.3	mgCaCO3/L	0.0	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	—	
アルカリ度	上水試験方法 14.2	mgCaCO3/L	0.0	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	—	
TOC	JIS K0102 22 燃焼酸化一赤外線式TOC自動計測法	mg/L	0.2	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	2桁	
Fe	JIS K0102 57.4 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	3桁	
Mn	JIS K0102 56.4 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	3桁	
Al	JIS K0102 58.4 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	3桁	
Zn	JIS K0102 53.3 ICP発光分光分析法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	3桁	
Si	JIS K0101 44.3.1 モリブデン青吸光度法	mgSiO2/L	0.2	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	3桁	
Na <sup>+</sup>	JIS K0102 48.3 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.1	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	3桁	
K <sup>+</sup>	JIS K0102 49.3 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.1	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	3桁	
Ca <sup>2+</sup>	JIS K0102 50.4 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.1	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	3桁	
Mg <sup>2+</sup>	JIS K0102 51.4 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.1	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	3桁	
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	JIS K0102 42.2 インドフェノール青吸光度法	mg/L	0.05	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	3桁	
F <sup>-</sup>	JIS K0102 34.3 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	3桁	
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	JIS K0102 41.3 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.1	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	3桁	
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	JIS K0102 43.2.5 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	3桁	
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	JIS K0102 43.1.2 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.01	小数点以下2桁 (3桁目を切り捨て)	3桁	
Cl <sup>-</sup>	JIS K0102 35.3 イオンクロマトグラフ法	mg/L	0.1	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	3桁	
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	鉱泉分析法指針 7-30 中和滴定法	mg/L	0.0	小数点以下1桁 (2桁目を切り捨て)	3桁	

付表2 平成26年度結果一覧表

No	湖沼等名・採水地点名														
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
現地調査 結果	あか 銅 沼	スギ一場 ゆす川い 湧水	あお 青 沼	べんてん 弁天 沼	べんてん 弁天 沼	やろく 弥六 沼	たつ 竜 沼	たつ 竜 沼	たつ 竜 沼	みどり 深泥 沼	びしやもん 毘沙門 沼	びしやもん 毘沙門 沼	あか 赤 沼	ながせがわ 長瀬 川	
	採水年月日	2014/11/7	2014/11/11	2014/11/11	2014/11/7	2014/11/11	2014/11/11	2014/11/11	2014/11/11	2014/11/11	2014/11/11	2014/11/11	2014/11/11	2014/11/11	
	採水時刻	11:38	11:12	10:40	13:00	9:40	9:50	10:10	9:52	10:18	10:36	10:30	10:58	11:25	
	天候	曇り	晴れ	晴れ	曇り	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	晴れ	
	気温	4.5	6.5	10.4	8.0	11.5	8.0	12.7	11.0	11.0	11.0	11.5	10.2	11.0	
	水温	8.4	13.5	11.0	11.2	9.0	8.5	12.7	11.6	11.5	11.8	11.0	10.5	11.0	
	臭気	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	無臭	
	色相	透明	透明	透明	透明	濁濁	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	透明	
	濁度	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	>100	
	採水方法 採水場所・採水方法等	バケツ採水	バケツ採水	バケツ採水	バケツ採水	バケツ採水	バケツ採水	バケツ採水	バケツ採水	バケツ採水	バケツ採水	バケツ採水	バケツ採水	バケツ採水	
採水地点 の 状況等	GPS	N37° 37' 10.70" E140° 04' 8.96"	N37° 39' 02.24" E140° 04' 17.97"	N37° 39' 4.42" E140° 04' 34.17"	N37° 38' 20.87" E140° 04' 00.30"	N37° 39' 51.72" E140° 03' 54.46"	N37° 39' 13.53" E140° 04' 31.10"	N37° 39' 16.33" E140° 04' 37.68"	N37° 39' 16.33" E140° 04' 30.55"	N37° 39' 16.57" E140° 04' 46.28"	N37° 39' 11.91" E140° 05' 03.17"	N37° 39' 10.75" E140° 05' 07.67"	N37° 39' 13.20" E140° 05' 03.81"	N37° 39' 11.93" E140° 05' 03.81"	
	採水水深	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.5	0.3	
分析結果 (県環境 センター)	流量	0.000281				0.0465					0.466	0.652		0.461	
	備考	水位低下													
	pH	4.00	5.33	5.60	4.97	7.22	7.19	7.06	7.26	7.23	6.92	7.01	6.94	4.06	
	EC	153.0	146.8	104.8	108.5	61.1	28.3	46.3	45.6	45.7	47.9	50.3	57.0	102.3	
	COD	1.0	0.3	1.0	1.6	3.2	3.5	0.9	1.0	1.0	1.4	1.0	1.4	1.1	
	大腸菌群数	13	79	49	46	140	140	320	350	330	320	170	330	79	
	大腸菌数	<1	<1	<1	<1	<1	<1	<1	3	<1	1	<1	<1	2	
	T-N	0.17	0.18	0.06	0.06	0.10	0.08	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	
	T-P	0.003	0.018	0.006	<0.003	<0.003	0.005	0.007	0.008	0.008	0.005	<0.003	0.003	<0.003	
	加印7/1a	2.50	2.48	0.60	0.16	1.82	3.68	9.9	9.9	2.14	2.01	0.16	0.88	0.11	
分析結果 ( (財) 福 島県保健 衛生協 会)	DO	10.1	7.1	9.7	9.2	7.8	9.9	9.0	10.0	9.7	9.1	9.2	9.7	4.5	
	蒸発残留物	1620	1670	1040	1090	478	202	343	353	346	373	389	462	902	
	酸度	477	191	11.9	10.8	10.2	4.4	4.5	3.6	4.3	4.7	4.0	5.5	41.6	
	7/1b/1度	0.0	0.0	2.1	2.3	2.3	17.6	17.1	19.4	20.0	16.7	16.4	14.8	0.00	
	TOC	0.5	0.4	0.6	1.1	0.5	2.3	0.5	0.6	0.6	0.6	0.5	0.7	0.5	
	Fe	6.60	0.04	0.04	0.28	0.06	0.01	0.01	0.13	0.11	0.15	0.04	0.10	1.10	
	Mn	4.10	5.80	1.60	1.80	1.21	<0.01	<0.01	0.22	0.21	0.29	0.29	0.45	2.30	
	Al	69.0	27.0	1.20	0.55	1.10	0.03	0.04	0.05	0.04	0.04	0.04	0.07	2.40	
	Zn	0.21	0.18	0.03	0.02	0.02	<0.01	<0.01	0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	0.03	
	Si	106	122	81.0	78.2	50.9	34.6	37.4	36.7	37.7	37.8	39.9	41.8	75.0	
Na <sup>+</sup>	25.7	35.2	76.4	84.1	12.4	9.3	9.4	32.2	28.9	32.8	34.3	43.2	68.2		
K <sup>+</sup>	2.9	6.0	14.9	15.3	4.1	2.5	2.5	5.8	5.7	5.9	6.2	7.8	11.1		
Ca <sup>2+</sup>	213	271	151	151	80.2	35.3	35.8	46.0	46.0	49.2	53.9	58.3	119		
Mg <sup>2+</sup>	37.6	48.6	31.1	34.0	16.5	8.6	8.7	12.5	12.2	11.0	13.5	15.8	29.2		
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup>	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05	<0.05		
F <sup>-</sup>	0.49	0.98	0.55	0.47	0.41	0.18	0.18	0.17	0.20	0.17	0.19	0.22	0.31		
SO <sub>4</sub> <sup>2-</sup>	1110	1060	571	551	284	119.0	115	155	155	170	185	210	466		
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.46	0.04	0.06	0.35	0.81	0.12	<0.01	0.29	0.22	0.09	0.03	0.06	0.05		
NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01	<0.01		
Cl <sup>-</sup>	2.7	2.6	77.4	97.3	2.7	4.3	39.3	39.6	39.6	41.0	42.6	53.3	87.4		
HCO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	0.0	0.0	2.6	2.9	2.9	21.4	20.8	23.7	24.7	20.5	20.1	20.1	0.0		

※1 湖内で採水したものは「例：南東部」、河川等流水のある場所で採水したものは「流入水」又は「流出水」と表記する。

※2 採水地点の参考とするため、採水した場所のおよその水深を記録する。

※3 流水部で採水した場合のみ、流量を測定する。

※4 大腸菌群数と加印7/1aは各湖沼の代表地点(原則として流出部)で測定する。

※5 採水位置は世界標準WGS84を採用し、座標表記は度分秒(dd° mm' ss")で示した。